

---

This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google<sup>TM</sup> books

<https://books.google.com>





## A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

## Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

## À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



COLUMBIA LIBRARIES OFFSITE



CU07535082



Engineering Reading Room

□ 621.3



Sol

Q ser. 3

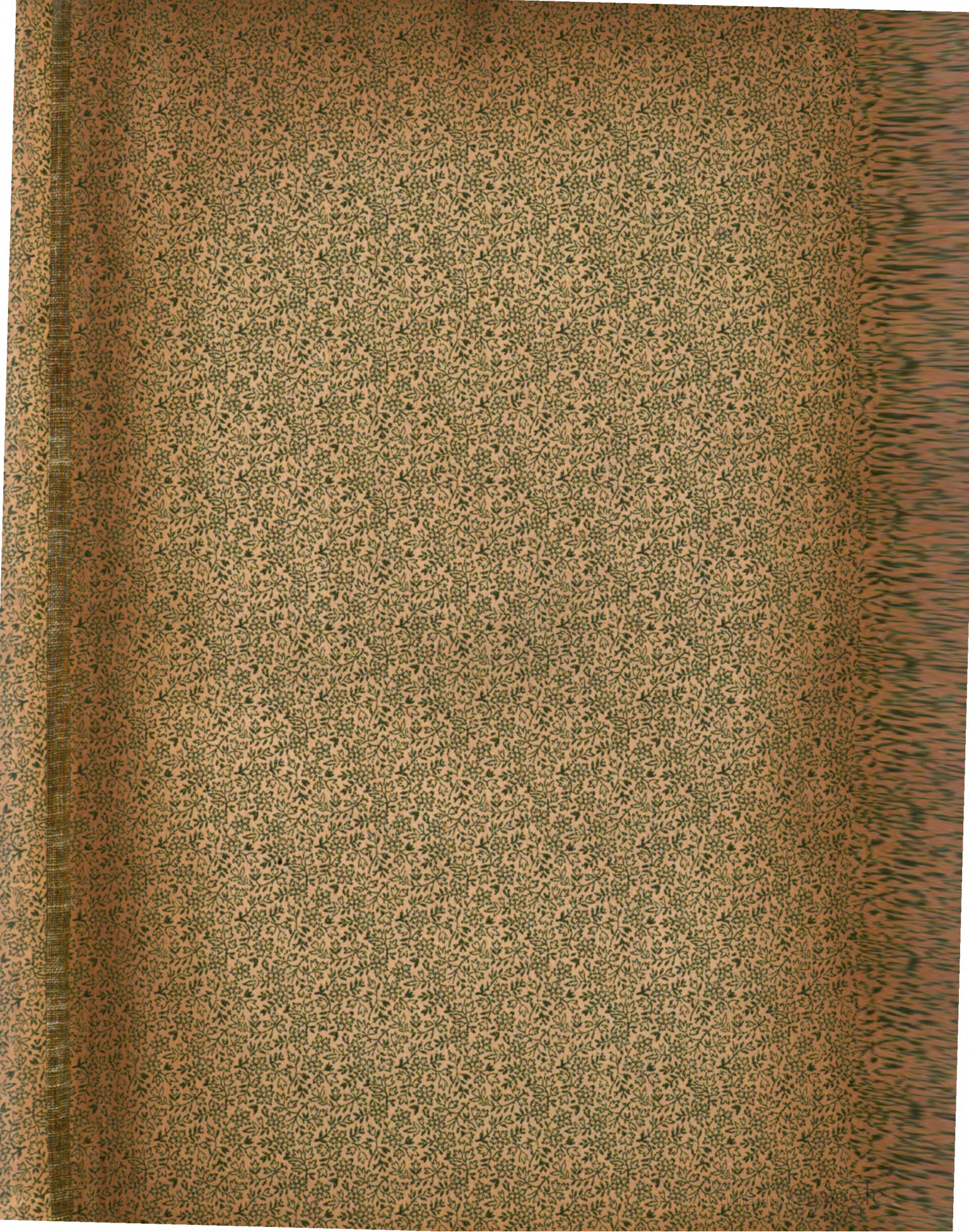
4

Columbia University  
in the City of New York

LIBRARY















**BULLETIN**  
**DE LA**  
**SOCIÉTÉ INTERNATIONALE**  
**DES**  
**ÉLECTRICIENS.**

---

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET C<sup>ie</sup>,  
53765      Quai des Grands-Augustins, 55.

---



BULLETIN  
DE LA  
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE  
DES  
ÉLECTRICIENS.

LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS A ÉTÉ RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE LE 7 DÉCEMBRE 1886.

TROISIÈME SÉRIE.  
TOME IV. — ANNÉE 1914.



SIÈGE SOCIAL }  
LABORATOIRE } 12 et 14, rue de Staël,  
à Paris.

PARIS,  
GAUTHIER-VILLARS ET C<sup>ie</sup>, IMPRIMEURS-LIBRAIRES  
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,  
Quai des Grands-Augustins, 55.

1914

*secret*

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

# ÉLECTRICIENS.

---

## SOMMAIRE.

Compte rendu de la réunion mensuelle du 7 janvier 1914 : Admission de Membres titulaires, p. 5. — Membre décédé, p. 6. — Don au Laboratoire, p. 6. — Congrès de Lyon et projet de réunions annuelles, p. 7. — Relèvement du taux de la cotisation, p. 8. — Relèvement des frais d'études à l'École supérieure d'Électricité, p. 10. — Contribution à l'étude des variations du ferromagnétisme en fonction de la température (M. P. Dejean), p. 11 ; *Observations* (M. Robin), p. 33. — Sur le critérium de bonne commutation de M. Mauduit et la commutation en régime variable (M. Guéry), p. 39. — Rappel d'une théorie générale de la commutation : quelques-unes de ses conséquences (M. Gratzmuller), p. 77.

INFORMATION, p. 102.

RÉSUMÉ DES COMMUNICATIONS ÉTRANGÈRES, p. 103.

BIBLIOGRAPHIE, p. 112.

OUVRAGES OFFERTS, p. 124.

---

## COMPTE RENDU

DE LA

## REUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 7 janvier 1914 (1).

---

PRÉSIDENCE DE M. D. BERTHELOT.

La séance est ouverte à 20 h 45 m.

Le procès-verbal de la dernière réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts (voir page 124), d'un don pour le Laboratoire et des demandes d'admission suivantes :

---

(1) La Société n'est pas solidaire des questions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.



**Desvignes** (Marcel), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 2 bis, rue Gustave-Zédé, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

**Gomien** (Ernest-Jean-Alfred), Ingénieur à l'Omnium Lyonnais de Chemins de fer et Tramways, 25, boulevard Garibaldi, à Paris. — Présenté par MM. Guéry et Augé.

**Hermann** (Henri), Arbitre rapporteur près le Tribunal de Commerce de la Seine, Ingénieur-Conseil de la Société française d'Électricité A.-E.-G., 72, rue d'Amsterdam, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

**Milon** (Jean-Emmanuel-Marie-Cornélius), Ingénieur à la Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, 15, rue Ernest-Renan, à Paris. — Présenté par MM. Joly et Guéry.

**Mitkiewicz** (Édouard-Otton-Marian), Ingénieur-Constructeur, Compagnie Thomson-Houston, 7, rue Sèvres, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

**Pasquier** (Jean-André-Georges), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 54, boulevard Garibaldi, à Paris. — Présenté par MM. Armagnat et Chaumat.

**Tailleur** (Edmond), Lieutenant de vaisseau, embarqué sur le *Jules-Ferry* comme chef du service *Électricité Torpilles*, 11, rue Joseph (Mourillon), Toulon (Var). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Ces candidats sont élus membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le Président fait part du décès de M. *Ziffer Elder von Teschenbruck*, membre correspondant pour l'Autriche, dont il fait l'éloge et en exprime les regrets de la Société.

Des remerciements sont adressés au *Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz* pour le don fait au Laboratoire d'une somme de 1000 fr à destination de recherches concernant l'étalon au platine d'intensité lumineuse.

**CONGRÈS DE LYON ET PROJET DE RÉUNIONS ANNUELLES.**

M. le PRÉSIDENT. — « La Municipalité de Lyon organise dans cette ville une exposition où l'électricité est appelée à occuper une place importante et qui s'annonce comme devant être fort brillante. Cette exposition s'ouvrira au mois de mai prochain, et M. Herriot, sénateur, maire de Lyon, a bien voulu nous adresser une invitation à y venir. Votre Bureau est d'avis de répondre à cet appel; il se propose donc de tenir, au mois de juin, un Congrès d'Électriciens à Lyon.

» Il lui a paru que notre Société ne pouvait que gagner à l'organisation de Congrès de ce genre. Vous avez tous présent à l'esprit le succès de notre réunion de l'an passé avec nos collègues d'Angleterre. Ce souvenir est de nature à nous engager à persévérer dans la même voie, et nous chercherons, si possible, en combinant au besoin nos efforts avec ceux d'autres sociétés techniques ou scientifiques, à établir dans l'avenir tantôt à Paris, tantôt en province, des réunions annuelles, qui permettront à nos sociétaires de prendre plus intimement contact les uns avec les autres, et les mettront à même de se retrouver pour visiter des expositions, des usines, des installations particulièrement nouvelles et intéressantes. Nous espérons d'ailleurs obtenir, en ces occasions, des Compagnies de chemins de fer, des billets à tarifs réduits, qui faciliteront à nos membres de province le voyage dans la capitale, toutes les fois que ces congrès se tiendront à Paris.

» Parallèlement à ces mesures, nous nous efforçons de prendre celles qui nous semblent propres à accroître l'intérêt de nos séances et de notre *Bulletin*. C'est ainsi que, dans l'année écoulée, nous n'avons rien négligé pour augmenter le nombre et la variété des Communications techniques; nous nous sommes trouvés amenés ainsi à tenir, outre nos séances régulières, plusieurs séances supplémentaires, et à accroître notablement le nombre de pages du *Bulletin*.

» Nous avons ajouté dans celui-ci une rubrique nouvelle concernant l'analyse des Communications faites dans les diverses Sociétés étrangères : cette innovation a été très appréciée. »

### Relèvement du taux de la cotisation.

M. le PRÉSIDENT. — « Nous espérons que ces diverses améliorations vous amèneront à regarder d'un œil favorable une mesure que nous aurons à soumettre à votre approbation. L'éventualité de cette mesure a déjà été envisagée à plusieurs reprises au cours des dernières années; elle a été ajournée aussi longtemps que possible, mais le moment est venu de l'aborder : elle a trait au relèvement de la cotisation annuelle.

» La cotisation de 20 fr que la Société demande à ses membres a été établie il y a longtemps déjà, à une époque où le coût de la vie était bien moindre qu'aujourd'hui. Cette cotisation est inférieure non seulement à celle des Sociétés étrangères similaires, mais aussi à celle des Sociétés françaises analogues à la nôtre. Elle n'est plus suffisante aujourd'hui pour assurer le fonctionnement normal de la Société. L'augmentation incessante des dépenses de matériel et de personnel, ainsi que des frais d'impression, nous mène à des déficits que nous ne parvenons à combler chaque année que par des subventions exceptionnelles qu'il nous faut trouver en dehors de nos ressources régulières.

» Sans doute, malgré la modicité de sa cotisation, la *Société internationale des Électriciens* a réussi à mettre sur pied deux grandes institutions qui sont ses plus beaux titres d'honneur : l'École supérieure d'Électricité et le Laboratoire central d'Électricité. Dans notre pays où la centralisation est poussée à l'extrême, où les établissements d'enseignement supérieur, à part de rares exceptions, tirent toutes leurs ressources des subventions de l'État, ce n'est pas un médiocre résultat d'avoir réussi à faire vivre et prospérer des organismes issus de l'initiative privée, qui ont hautement contribué au prestige scientifique de notre



pays. Mais là aussi le manque de ressources suffisantes s'est fait bien souvent sentir.

» La situation a été examinée minutieusement sous toutes ses faces par une Commission, puis par le Bureau, et enfin par le Comité. De cet examen s'est dégagée l'impression qu'il y avait lieu de relever le taux de notre cotisation annuelle. Ce relèvement ne portera pas, bien entendu, sur l'année 1914. Il ne pourrait commencer qu'avec l'année 1915. Il sera d'ailleurs soumis à la discussion et au vote dans l'Assemblée générale ordinaire qui se tiendra au printemps de cette année. Pour qu'il n'y ait aucune surprise à cet égard, je crois utile de vous en aviser dès aujourd'hui.

» Notre désir, en effet, est de provoquer sur ce point la consultation la plus large. Déjà, nous avons interrogé individuellement un grand nombre de nos collègues, tant à Paris que dans les principaux centres de province; nous avons pris les avis de groupements tels que celui des anciens élèves de l'École supérieure d'Électricité; nous avons consulté les Sociétés qui ont adopté des mesures analogues à celle que nous avons en vue aujourd'hui. En un mot, nous avons cherché par tous les moyens à nous éclairer.

» Désireux de ne rien précipiter, nous n'avons pas encore arrêté le texte des résolutions à soumettre à l'Assemblée générale, mais je puis vous donner en quelques mots les traits essentiels des solutions qui ont été généralement préconisées.

» Un certain nombre des membres consultés ont été d'avis que la cotisation régulière pourrait être portée à la somme de 30 fr, mais en même temps il leur a paru nécessaire d'apporter à cette mesure un tempérament pour les membres les plus jeunes ou les plus nouveaux de la Société qui n'auraient à payer que 25 fr. Il serait d'ailleurs loisible aux membres disposés à renoncer à cette dégression initiale, de le faire bénévolement. D'autre part, il serait entendu que pendant la durée de leur service militaire, les membres de la Société seraient, de droit, exemptés, sur leur demande, de toute cotisation.

» D'autres personnes estiment qu'une double cotisation, fixée d'après l'âge ou l'ancienneté dans la Société, n'est pas recommandable, et préconisent une cotisation unique, dont le chiffre pourrait être fixé à 25 fr ou un peu au-dessus.

» Ces quelques indications vous suffiront pour apprécier l'ordre d'idées dans lequel on peut se placer; elles n'ont encore rien de définitif, et nous serons heureux d'accueillir les observations de tous à cet égard. »

#### **Élévation des frais d'études à l'École supérieure d'Électricité.**

M. le Président informe la Société que, par décision de la Commission administrative de l'École en date du 4 décembre 1913 et du Comité d'administration de la Société en date du 10 décembre 1913, les frais d'études à l'École supérieure d'Électricité sont portés, pour les élèves réguliers, de 1000 fr à 1250 fr, à partir du 1<sup>er</sup> novembre 1914.

D'autre part, les redevances des auditeurs libres à partir de la même date ont été fixées ainsi qu'il suit :

|                                            |                    |
|--------------------------------------------|--------------------|
| Cours sur l'Électrotechnique générale..... | 250 <sup>fr.</sup> |
| Cours sur les mesures électriques.....     | 250                |
| Conférences.....                           | 250                |
| Travaux de Laboratoire.....                | 375                |
| Essais de machines.....                    | 375                |
| Travaux d'atelier.....                     | 375                |

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES VARIATIONS DU FERROMAGNÉTISME  
EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE (1).**

**I. — HISTORIQUE.**

M. P. DEJEAN. — « L'influence de la température sur les propriétés magnétiques des fers et des aciers a fait le sujet d'un nombre considérable de recherches, et les résultats signalés par les différents observateurs sont loin de montrer une concordance absolue. On se demande, quand on commence à étudier la bibliographie de cette question, s'il peut y avoir un lien entre tant de résultats souvent si disparates.

» M. Pierre Weiss attribue cette confusion « à ce que, faute  
» d'une théorie satisfaisante, on n'a pas en général reconnu, parmi  
» les quantités qui s'appellent : intensité d'aimantation, induction, susceptibilité, perméabilité, champ coercitif, aimantation  
» rémanente et les courbes et cycles, quelles sont celles qui sont  
» réellement caractéristiques, et à ce que l'on n'avait pas jusqu'à  
» présent une technique expérimentale mise au point pour l'étude  
» des métaux et des alliages ».

» C'est pour combler cette lacune qu'il développa la théorie cinétique du magnétisme élaborée par Langevin, l'appliquant aux corps ferromagnétiques, et qu'il fut conduit à la conception du magnéton.

» Cette séduisante théorie ramènerait l'étude des corps ferromagnétiques à celle de deux valeurs principales : 1<sup>o</sup> la saturation pour les températures inférieures à celle de la disparition du ferromagnétisme, et 2<sup>o</sup> la constante de Curie pour les températures supérieures. Malheureusement tout le monde ne dispose pas de puissants électro-aimants comme M. P. Weiss. De plus, les

---

(1) Bien que ce travail ait été complètement terminé en 1909, les principaux résultats n'en furent publiés qu'en 1912 au VI<sup>e</sup> Congrès de l'Association internationale pour l'essai des matériaux, à New-York.

phénomènes accessoires et complexes qui ont lieu dans les champs relativement faibles se retrouvent souvent dans les machines électriques. Mais ses travaux ont eu le grand avantage d'élaguer un peu le taillis des recherches anciennes et de conduire par une théorie nouvelle à une étude plus systématique et mieux coordonnée des phénomènes.

» Newton fut probablement le premier physicien qui signala la disparition du magnétisme dans le fer et les aciers portés à haute température; après lui, Cavallo, Barlow, E. Becquerel étudièrent cette particularité; mais ces études furent plutôt qualitatives que quantitatives.

» Les premières études précises relatives à l'action de la chaleur sur le magnétisme sont généralement limitées aux températures inférieures à 300°. Elles ont pour auteurs : Kuppfer (1825), Dufour de Genève (1857), Jamin (1872), Rowland (1873), Favé (1876), Gaugain (1875 et 1876), Poloni (1878 et 1888), Berson (1886). Les résultats obtenus par ces différents observateurs ne sont pas toujours concordants : on en trouve même de franchement contradictoires. Il est juste de dire que, tandis que les recherches des uns étaient appliquées à du fer doux (Rowland, Berson), les autres, au contraire, avaient étudié des aciers durs à aimants dont les compositions (qui peuvent être très différentes) ne sont généralement pas indiquées par les auteurs. Les uns étudiaient des aciers trempés, les autres des aciers recuits; les uns étudiaient le magnétisme rémanent, d'autres la perméabilité, d'autres enfin la force coercitive. Cependant, tous ceux qui ont étudié des aciers durs (Jamin, Favé, Gaugain, Poloni) s'accordent à reconnaître une variation brusque des propriétés magnétiques qui se produirait à des températures variant entre 130° et 200° suivant les observateurs. La plus complète de ces recherches est celle de Poloni Opérant sur des barreaux d'acier faiblement trempé et aimanté dans une spirale magnétisante, il nota en particulier « des variations » de magnétisme soit temporaires, soit permanentes, qui demeurent » faibles jusqu'à 180°, mais qui deviennent considérables entre 180° » et 200°; elles sont le plus grandes possible vers 180° ».

» Cette anomalie fut signalée, en outre, par des auteurs plus



contemporains et tout spécialement par Ch. Maurain en 1910 et par Gray en 1911.

» En dehors des premiers expérimentateurs que nous avons cités, la disparition du ferromagnétisme sous l'influence des températures élevées fut principalement étudiée par Berson (1886) pour le nickel; par Ledebor (1888), Hopkinson (1889-1890), Curie (1895), Morris (1897) pour le fer doux. Enfin, plus récemment, M. Ch. Maurain (1910) étudia non seulement le fer doux, mais encore deux aciers : l'un à 0,180 pour 100 de carbone et 1,040 de manganèse; l'autre à 0,866 de carbone et 0,250 environ de manganèse. Nous n'avons pas l'intention d'entreprendre ici le résumé de ces importantes études. Rappelons seulement que Hopkinson signala surtout la diminution progressive de la force coercitive et de l'hystérésis quand la température s'élève, sans cependant atteindre la température critique. Il signale en outre que la courbe des inductions, à champ constant pour un acier à 0,3 pour 100 de carbone, change de direction au moment où se produit le point  $A_{r_{23}}$  et où finit le point  $A_1$ . Morris signala sur un fer doux un minimum de perméabilité au voisinage de 550°, qui fut retrouvé également par M. Maurain. Nous devons noter aussi l'intérêt des courbes anhystériques de cet auteur qui forment une nouvelle donnée à ajouter aux autres. Mais de tous ces travaux, le plus important relatif au fer doux est celui de Curie (1).

» Nous reproduisons (fig. 1) les résultats principaux de cette étude. Ce sont une série de courbes à champ constant de l'intensité d'aimantation en fonction de la température. Elles ont été obtenues en opérant sur un morceau de fil ayant 0,014 cm de diamètre et 0,87 cm de longueur, soit 62 fois le diamètre.

» Nous avons tenu à faire figurer à côté de ces courbes celles obtenues par Ledebor sur du fer doux également, mais en opérant sur des cylindres dont la longueur était égale à environ

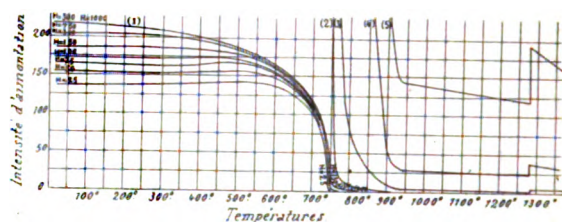
---

(1) Pendant la correction des épreuves de cette Communication, nous avons eu connaissance d'une étude très intéressante de MM. Kôtarô Honda et Hiromu Takagi (*Revue de Métallurgie*, t. X, décembre 1913, p. 1326) dans laquelle les auteurs arrivent à des conclusions assez voisines des nôtres. Nous signalons cependant un certain décalage entre nos échelles de températures. L'emploi de barreaux courts a aussi empêché de préciser certains points.

10 fois le diamètre. La différence d'allure de ces deux séries de courbes, différence qui se révèle également dans les essais d'autres

### Courbes de P. Curie.

(Propriétés magnétiques des corps à diverses températures. 1895)



### Courbes de P. Leduc.

(Influence de la température sur l'aimantation du fer. 1888)

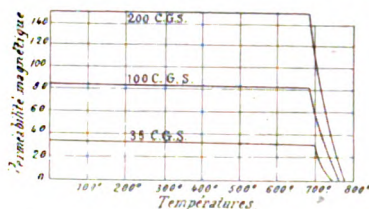


Fig. 1.

expérimentateurs, n'avait pas encore (à notre connaissance) reçu d'explication. Nous en verrons bientôt la cause.

## II.

### PRINCIPE DE LA MÉTHODE ADOPTÉE POUR LA PRÉSENTE ÉTUDE.

» Tous les essais que nous venons de signaler ont été obtenus par points, c'est-à-dire que, pendant toute la durée de l'expérience, l'observateur doit multiplier les mesures pour ne rien laisser inaperçu. Encore, au moment où les variations en fonction de la température sont rapides, il risque fort de ne pouvoir pas jalonner suffisamment le phénomène pour en avoir l'image parfaitement exacte. Avant d'entreprendre une étude de ce genre, nous avons commencé par chercher une méthode qui, permettant l'enregistrement automatique des résultats, rendrait presque industrielles

des investigations qui avaient été jusqu'ici l'apanage des laboratoires purement scientifiques.

» Voici le dispositif adopté (*fig. 2*). Sur un échantillon d'acier A,

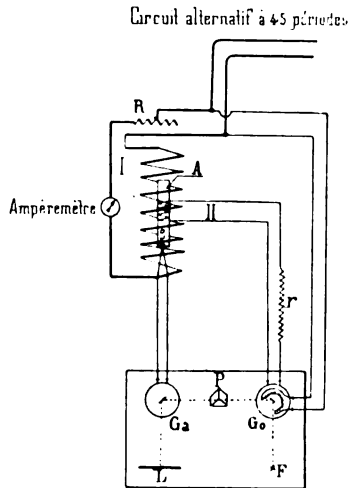


Fig. 2.

on a bobiné deux enroulements distincts I et II. L'enroulement primaire I, mis en relation avec un réseau alternatif sinusoïdal, engendre dans l'échantillon A un flux alternatif. L'enroulement secondaire de grande résistance ohmique II, bobiné également sur A, est alors le siège d'une force électromotrice alternative induite qui détermine un courant de même fréquence dans le circuit secondaire II.

» La valeur maxima de ce courant ( $I_{\max.}$ ) est, comme la force électromotrice maxima ( $E_{\max.}$ ) qui l'engendre, proportionnelle au flux maximum ( $\Phi_{\max.}$ ) qui traverse le barreau ou encore à l'induction maximum ( $\mathfrak{B}_{\max.}$ ).

» On a en effet :

$$E_{\max.} = \frac{1}{10^8} n \omega \Phi_{\max.} = \frac{1}{10^8} n \omega s \mathfrak{B}_{\max.},$$

$s$  = section de l'échantillon.

» Chacune de nos séries de mesures étant faite dans un champ alternatif de valeur maxima constante ( $\mathfrak{H}_{\max.}$ ) produit par le courant primaire constant, l'induction ( $\mathfrak{B}_{\max.}$ ) est elle-même propor-

tionnelle à la perméabilité  $\mu$  de l'échantillon

$$\mathcal{H}_{\max} = \mu \mathcal{H}_{\max}.$$

» Il s'ensuit que, pour connaître les variations de la perméabilité, il suffira de mesurer les variations de la force électromotrice d'induction  $E$  ou même du courant qu'elle détermine dans le circuit II de résistance constante <sup>(1)</sup>.

» Cette mesure se fait au moyen d'un galvanomètre à courants alternatifs  $G_0$  intercalé dans le circuit.

» Quant aux variations de température de l'échantillon (chauffage et refroidissement), elles sont obtenues au moyen d'un four électrique à résistance dans lequel on introduit l'échantillon et ses enroulements. La température de l'échantillon est repérée par un couple thermo-électrique placé dans l'échantillon et relié à un galvanomètre  $G_a$ .

» Nous avons donc ainsi à chaque instant, par les galvanomètres  $G_0$  et  $G_a$ , d'une part l'induction du métal en expérience, d'autre part sa température. Il suffit de combiner les indications de ces deux galvanomètres suivant la méthode bien connue de M. Saladin <sup>(2)</sup> pour que l'image d'un point lumineux fixe  $F$ , après avoir été réfléchi successivement sur chacun de leurs miroirs, vienne décrire une courbe dont les ordonnées seront proportionnelles à l'induction ( $\mathcal{H}$ ) et les abscisses à la température. En plaçant tout le dispositif dans une chambre noire, et en faisant décrire la courbe du point lumineux sur une plaque photographique, il ne reste plus qu'à développer la plaque pour obtenir le résultat cherché.

### III. — MODE OPÉRATOIRE.

» DIFFÉRENTS TYPES D'ÉCHANTILLONS EMPLOYÉS (*fig. 3*). — Dès nos essais préliminaires nous nous sommes aperçus que l'allure

---

<sup>(1)</sup> Notons en passant que le circuit dans lequel agit cette force électromotrice a une résistance ohmique suffisamment grande pour que les variations qui pourraient se produire dans la self-induction du circuit soient sans influence sensible sur la résistance apparente, de telle sorte que  $E$  et  $I$  sont toujours proportionnels.

<sup>(2)</sup> E. SALADIN, *The Iron and Steel Metallurgist and Metallografist*, t. VII, 1904, p. 237.

des courbes était très différente suivant le rapport existant entre la longueur et le diamètre des barreaux étudiés. L'influence démagnétisante des pôles dénaturant l'allure des courbes obtenues avec des échantillons courts par rapport à leur diamètre. Nous avons donc été de suite amenés à prendre deux types de barreaux (A et B). Nous avons également essayé des anneaux (type C).

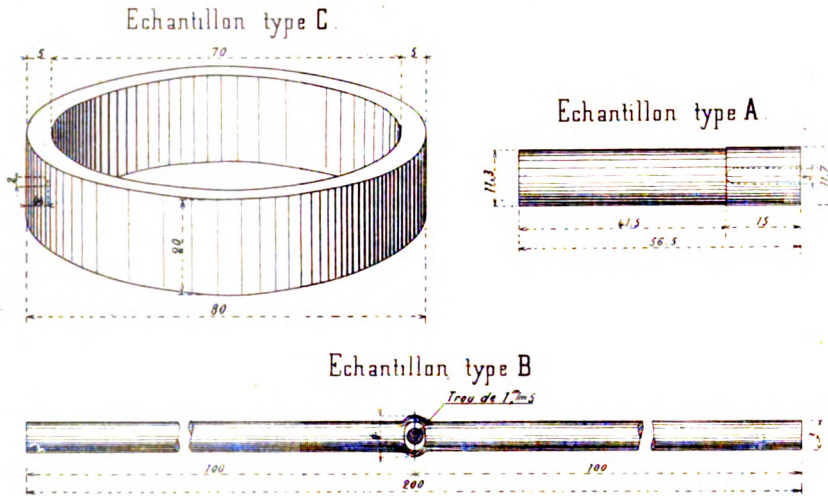


Fig. 3.

» Les *barreaux du type A* forment un cylindre de 56,5 mm de longueur sur 11,3 mm de diamètre (section 1 cm<sup>2</sup>), soit une longueur égale à 5 fois le diamètre. Un trou de 2 mm de diamètre et 11 mm de longueur percé en bout permet l'introduction d'un couple thermo-électrique. Une légère augmentation du diamètre extérieur compense ce trou.

» Les *barreaux du type B* ont la forme d'un cylindre de 200 mm de longueur et de 3 mm de diamètre, longueur égale à 66,6 fois le diamètre. Au centre du barreau on a ménagé un petit trou de 1,5 mm de diamètre et 2,7 mm de profondeur permettant d'y loger la soudure du couple thermo-électrique. Mais pour que la section du métal ne soit pas diminuée, on a prévu à l'endroit du trou un renflement qui le compense aussi exactement que possible.

» Les *anneaux du type C* ont 70 mm de diamètre intérieur, 80 mm de diamètre extérieur et 20 mm de hauteur. Ils étaient



surtout destinés à déterminer au balistique les courbes d'hystérésis et de perméabilité, à froid, de chacun des métaux étudiés. Nous en avons également profité pour appliquer notre méthode d'enregistrement à l'étude des variations de leurs propriétés pendant le chauffage et le refroidissement.

» Tous ces échantillons ont été recuits après forgeage et avant tournage, entre 850° et 900°, puis refroidis lentement.

» **AGENCEMENT DES ENROULEMENTS ET DISPOSITIF DE CHAUFFAGE.** — Pour le chauffage des barreaux des types A et B, nous avons utilisé un four à résistance électrique. Les spires chauffantes enroulées sur un tube de porcelaine de 25 mm de diamètre se composaient de deux enroulements identiques réunis en série et, par conséquent, traversés par le même courant, mais enroulés en sens inverse, de manière que le champ déterminé par ce courant de chauffage soit toujours rigoureusement nul. Ce système était placé au centre d'un tube en terre de même longueur que le premier, mais d'un diamètre beaucoup plus fort (170 mm). L'espace annulaire compris entre les deux tubes était rempli de chaux. Celle-ci forme un excellent calorifuge, si bien que la paroi extérieure du gros tube ne dépassait jamais 50°. C'est du reste sur ce tube lui-même qu'était bobiné le solénoïde constituant l'enroulement primaire I (*fig. 2*) destiné à produire le champ alternatif dans lequel devait se trouver l'échantillon. L'enroulement secondaire II était bobiné directement sur ce dernier. Il était en fil de cuivre de 0,5 mm isolé à l'amiante, et pouvait par conséquent supporter sans inconvénient les mêmes chauffages que l'échantillon. La soudure du couple thermo-électrique était placée dans son logement, et le tout introduit dans le tube en porcelaine du four, de manière que le barreau en occupe le milieu. Pour empêcher l'oxydation du métal, l'espace restant libre dans ce tube était bourré de poussière de charbon de bois. Il suffisait pour éviter la cémentation d'empêcher le contact direct de cette poussière avec le métal par interposition d'amiante ou de porcelaine. Grâce à ce dispositif, le chauffage n'a jamais fait subir la moindre altération à nos échantillons.

» Pour les anneaux de type C, le primaire comme le secondaire

devaient forcément être enroulés directement sur l'échantillon et, par conséquent, subir les mêmes variations de température que ce dernier. Le secondaire était, comme dans le cas précédent, constitué par du fil de cuivre de 0,5 mm isolé à l'amiante. Quant au primaire, il était constitué par un fil de constantan de 1 mm isolé à l'amiante. La résistance de ce fil ne variant pour ainsi dire pas, il était facile de conserver au champ ( $\mathcal{H}$ ), pendant toute la durée de l'expérience, une valeur maxima définie et rigoureusement constante. Le tout était placé dans un four électrique, capable de le contenir. L'oxydation était évitée comme dans le cas précédent au moyen de poussière de charbon de bois.

» Dans toutes nos expériences, le temps nécessaire pour atteindre 830° a été de 2 h 45 m pour les barreaux (types A et B) et de 3 h 15 m pour les anneaux (type C). Le refroidissement se faisait dans le four même ayant servi au chauffage, en comptant jusqu'à 150° seulement; il s'effectuait en 4 h 15 m pour les barreaux (types A et B) et 7 h 30 m pour les anneaux (type C).

» DISPOSITIF D'ENREGISTREMENT (*fig. 4*). — Nous avons dit que nos courbes étaient obtenues par la méthode des galvanomètres conjugués de M. Saladin. Nous allons en rappeler brièvement le

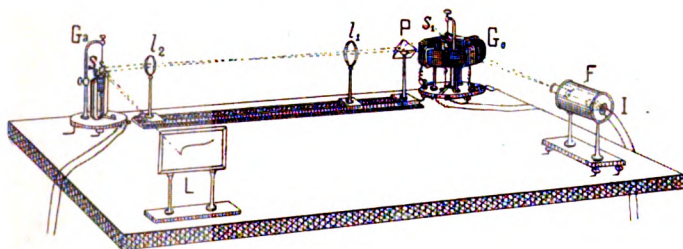


Fig. 4.

principe. Une lanterne I projette l'image d'un point lumineux F sur le miroir  $s_1$  du galvanomètre  $G_0$  à courants alternatifs. Les rayons issus de ce miroir rencontrent un prisme à réflexion totale P dont les arrêtes sont inclinées à 45° sur l'horizontale, et dans un plan perpendiculaire à la direction moyenne de ceux-ci. Ce prisme a pour effet de transformer les déviations horizontales du rayon lumineux tombant sur le miroir  $s_1$  du galvanomètre  $G_0$  en dévia-

tions verticales. Ces rayons ont ensuite à traverser un système de deux lentilles  $l_1$  et  $l_2$  avant d'arriver sur le miroir  $s_2$  du galvanomètre  $G_a$ . Ces lentilles sont disposées de telle manière que les deux miroirs  $s_1$  et  $s_2$  soient foyers conjugués l'un par rapport à l'autre; c'est-à-dire que tous les rayons issus du miroir  $s_1$  tombent sur le miroir  $s_2$ . De là ces rayons se dirigent sur la plaque L qui est placée à une distance telle du galvanomètre  $G_a$  qu'elle se trouve exactement dans le plan où se fait l'image du point lumineux F.

» Nous avons parlé à plusieurs reprises du galvanomètre à courants alternatifs  $G_a$ . Il nous suffira d'indiquer que cet appareil est un galvanomètre genre Desprez-d'Arsonval dans lequel l'aimant est remplacé par un électro-aimant à noyau feuilleté excité par la même source à courants alternatifs qui produit le champ auquel est soumis l'échantillon A (voir le montage figure 2). Le courant secondaire que nous cherchons à mesurer a donc rigoureusement la même période que le champ du galvanomètre. Il ne reste plus qu'à veiller à ce qu'ils soient à peu près en phase, ce qui est facile. Le galvanomètre ainsi réglé a une sensibilité aussi grande qu'un galvanomètre à courants continus.

#### IV. — RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX.

» Nous allons voir maintenant ce que cette méthode nous a permis d'obtenir.

» Le Tableau ci-dessous donne les analyses des aciers que nous avons étudiés :

| Numéros<br>des<br>aciers. | Analyses. |       |       |       |       | Mode de fabrication.                       |
|---------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------------|
|                           | C.        | Si.   | S.    | Ph.   | Mn.   |                                            |
| 1.....                    | 0,060     | 0,012 | 0,070 | 0,120 | 0,380 | Bessemer prélevé en cours de sursoufflage. |
| 2.....                    | 0,090     | 0,090 | 0,010 | 0,113 | 0,030 | Fer de Suède.                              |
| 3.....                    | 0,110     | 0,112 | 0,020 | 0,021 | 0,390 | Acier de Suède.                            |
| 4.....                    | 0,170     | 0,082 | 0,016 | 0,013 | 0,190 | Acier au creuset.                          |
| 5.....                    | 0,400     | 0,105 | 0,018 | 0,013 | 0,050 | —                                          |
| 6.....                    | 0,730     | 0,116 | 0,056 | 0,010 | 0,280 | —                                          |
| 7.....                    | 0,811     | 0,035 | 0,023 | 0,016 | 0,260 | —                                          |
| 8.....                    | 1,200     | 0,327 | 0,028 | 0,011 | 0,190 | —                                          |
| 9.....                    | 1,657     | 0,012 | 0,038 | 0,012 | 0,020 | Four électrique à électrode.               |

» **ESSAIS PRÉLIMINAIRES.** — Avant de commencer notre étude à température variable, nous avons déterminé à froid sur nos différents échantillons les variations de l'induction en fonction du champ. Les courbes de perméabilité ainsi obtenues par la méthode d'Ewing sur les barreaux types A et B, comparées à celles qu'on obtient avec les anneaux type C, permettent de se rendre

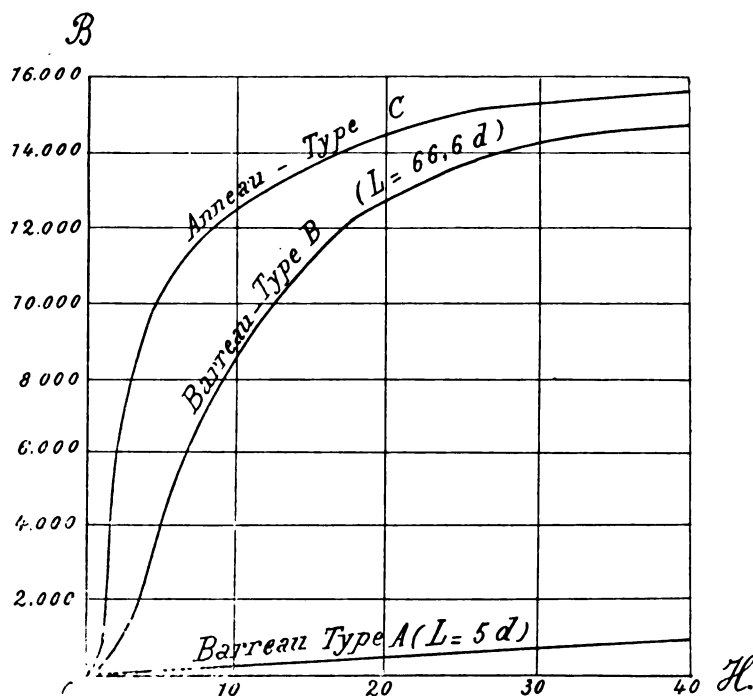


Fig. 5. — Courbes de perméabilité relevées sur les trois échantillons types A, B et C de l'acier n° 4.  $C = 0,170$  pour 100.

compte de l'influence démagnétisante des pôles. Prenons comme exemple l'acier n° 4 à 0,170 de carbone (fig. 5). Alors que, pour un champ de 20 unités, le barreau type B ( $L = 66,6 d$ ) accuse une perméabilité apparente égale aux  $\frac{9}{10}$  de la perméabilité réelle (courbe sur l'anneau type C), celle du barreau type A ( $L = 5 d$ ) n'en est que le  $\frac{1}{29}$ .

» Les cycles d'hystérésis relevés sur nos anneaux nous montrent l'augmentation progressive de cette quantité avec la teneur en carbone. Un seul acier fait exception. C'est l'acier n° 1 (Bessemer oxydé). L'hystérésis de cet acier, qui n'a que 0,060 pour 100 de

carbone, est sensiblement équivalente à celle de notre acier n° 5 à 0,400 pour 100 de carbone.

» M. Malher a déjà signalé <sup>(1)</sup> que les aciers Martin oxydés ont une résistivité anormale. Il se proposait d'étudier ces mêmes aciers au point de vue de leurs propriétés magnétiques; mais nous ne pensons pas que cette étude ait été faite.

» **ESSAIS A TEMPÉRATURES VARIABLES.** — Les courbes que nous allons présenter ont été obtenues avec le dispositif expérimental dont nous avons parlé. Les températures <sup>(2)</sup> sont portées en abscisses. Les ordonnées sont fournies par les déviations du galvanomètre à courants alternatifs  $G_0$ . Nous avons montré qu'elles étaient en relation avec la perméabilité des échantillons. Pour plus de clarté, nous avons pris dans tous les cas des ordonnées ayant sensiblement la même amplitude; mais il faudra bien noter que les valeurs de ces ordonnées diffèrent beaucoup d'une figure à l'autre. Nous avons repéré ces valeurs d'après les mesures faites au balistique à la température ordinaire, sauf pour les échantillons en anneaux (type C) où nous avons été obligés, par suite de la grande section des échantillons, de tenir compte de l'action des courants induits dans la masse <sup>(3)</sup>.

» *Nota.* — Pour donner plus de clarté à nos tracés, nous avons changé le signe des ordonnées de nos courbes de refroidissement par rapport à celles de chauffage, en inversant, après la fin du chauffage, les connexions reliant l'enroulement secondaire de l'échantillon au galvanomètre  $G_0$ .

» *Échantillons type A.* — La série de courbes représentées figure 6 correspond à des échantillons du type A ( $L = 5 d$ ) maintenus pen-

---

<sup>(1)</sup> *Revue de Métallurgie*, t. II, 1905, p. 347.

<sup>(2)</sup> Les points fixes admis pour la graduation du couple étaient : Ébullition de l'eau (sous pression de 760<sup>mm</sup>) : 100°; ébullition de la naphthaline (pression 760<sup>mm</sup>) : 218°; ébullition du soufre (pression 760<sup>mm</sup>) : 445°; solidification de l'aluminium : 655°. Fusion d'un fil d'or pur : 1065°

<sup>(3)</sup> Nous avons utilisé, pour tenir compte de cette action, les renseignements très précieux fournis par M. Jouaust, du Laboratoire central d'Électricité à Paris.



dant leur chauffage et leur refroidissement dans un champ alternatif de valeur maximum  $\mathcal{H}_{\max} = 20$  gauss).

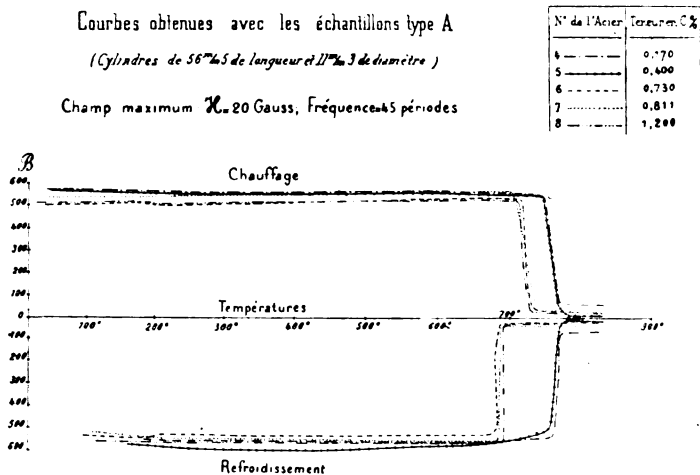


Fig. 6.

» Les points caractéristiques de ces courbes sont les suivants : (a) la perméabilité reste sensiblement constante entre 0° et la température du point de transformation (on peut à peine distinguer sur une ou deux de ces courbes une légère inflexion vers 200°); (b) la chute au moment du point critique est excessivement brusque; (c) pour nos échantillons à faible teneur en carbone jusqu'à celui à 0,400 inclus, la disparition du magnétisme correspond bien exactement au point critique  $A_2$ . Ce point est à peu près rigoureusement réversible. Pour les échantillons contenant 0,730 de carbone et plus, la disparition coïncide avec le point critique  $A_{1,2,3}$ . Elle est, comme ce dernier, irréversible.

» Notons en passant que l'allure de ces courbes est tout à fait analogue à celles obtenues par M. Ledebor qui opérait sur des échantillons dont le rapport de la longueur au diamètre était  $L = 10d$ , et aussi à celles obtenues par Kôtarô-Honda <sup>(1)</sup>. Cette allure avec brusque disparition du magnétisme caractérise un échantillon court par rapport à son diamètre, dans lequel la force démagnétisante des pôles a une valeur considérable. La chute

<sup>(1)</sup> *Annalen der Physik*, 4<sup>e</sup> série, t. XXXII, 1910, p. 1003, et loc. cit.

semble même d'autant plus brusque et le point plus localisé que le rapport  $\frac{L}{d}$  est plus petit.

» Les échantillons type B (cylindres pour lesquels  $L = 66,6 d$ ) ont été soumis à deux séries d'essais. Dans la première série, la valeur maxima du champ alternatif, dans lequel on maintient l'échantillon, a été de 20 gauss; dans la deuxième, cette valeur était de 1,5 gauss. Les courbes correspondant à la première série sont relevées figure 7. La disparition du magnétisme n'est pas

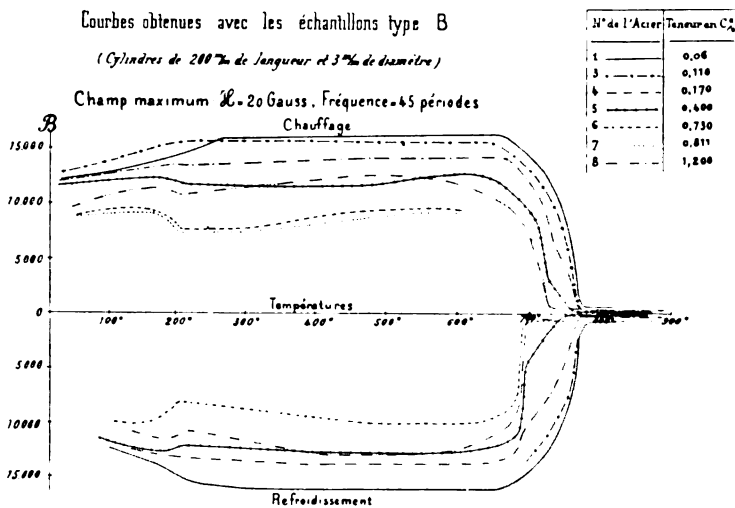


Fig. 7.

brusque, et l'allure générale de ces courbes rappelle celles de P. Curie <sup>(1)</sup>. Pour les aciers extra-doux 1 et 3, ces courbes seraient même absolument identiques à celles trouvées par ce dernier, si nous n'avions pas au début une augmentation progressive des ordonnées qui va jusqu'à 250° pour le n° 1 et à 200° pour le n° 2. Cette augmentation, dont nous n'avons pas déterminé la nature d'une manière bien décisive, semble devoir être attribuée en partie

(1) Notons, en passant, que la longueur des échantillons de Curie était égale à 62 diamètres, alors que pour les nôtres,  $L = 66,6 d$ , c'est-à-dire que  $\frac{L}{d}$  est tout à fait du même ordre. La forme des courbes se rapproche aussi de l'allure théorique établie par P. Weiss. Ceci nous confirme bien que les courbures de la figure 4, quoique très intéressantes, sont déformées par suite de l'influence démagnétisante des pôles.

à la viscosité magnétique des aciers doux à la température ordinaire qui gênerait l'aimantation dans un champ à 45 périodes. Toutefois, pour l'acier n° 1, on ne peut s'empêcher de remarquer aussi l'analogie de cette inflexion avec celle que nous étudierons en détail à propos des essais de la série suivante.

» Pour les aciers nos 4, 5, 6, 7 et 8, nous constatons tout d'abord une inflexion à peu près réversible au voisinage de 200°. Laissant de côté pour le moment l'acier n° 8 qui présente une anomalie que nous expliquerons bientôt, on voit que cette inflexion s'accroît au fur et à mesure que la teneur en carbone augmente. Elle est donc bien liée avec celle-ci. Des anomalies du même genre avaient été signalées, nous l'avons vu, dans les recherches sur les aciers durs, de Jamin, Favé et Berson; et surtout dans celles de Poloni et de Maurain. En revanche, il n'en est pas question dans le Mémoire de Curie, Ledebor, Morris qui n'ont étudié que des métaux très peu carburés.

» D'autre part, en étudiant l'amortissement du mouvement vibratoire d'un acier à diverses températures (*fig. 8*), MM. Guye

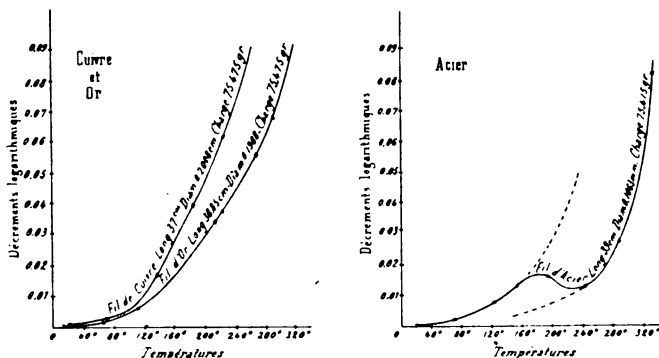


Fig. 8. — Variation de frottement intérieur des solides en fonction de la température; courbes obtenues par M. Ch.-Eug. Guye.

et Mintz <sup>(1)</sup> trouvent que la viscosité de cet acier qui croît avec la température, comme pour les autres métaux, ne suit pas la même loi.

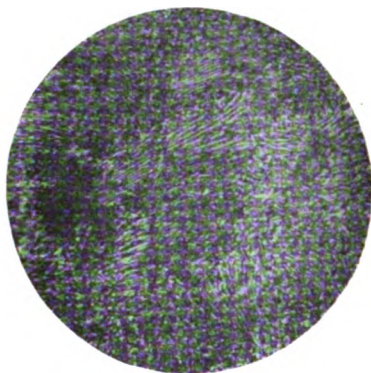
» Tandis que les courbes représentatives du phénomène sont

(1) *Archives des Sciences physiques et naturelles*, Genève, août et septembre 1908, t. XXVI, p. 136 et 263.

paraboliques pour le cuivre et l'or par exemple, celle de l'acier semble être formée de deux paraboles distinctes, reliées entre elles par une partie anormale entre  $160^{\circ}$  et  $240^{\circ}$ . Nous devons noter que cette façon d'interpréter l'anomalie signalée nous est toute personnelle et ne semble pas être d'accord avec la conception de M. Guye.

» La clé de cette variation de magnétisme se trouve dans une Note de M. Wologdine <sup>(1)</sup> où il indique que la transformation magnétique du carbure de fer  $\text{Fe}^3\text{C}$  se produit aux environs de  $180^{\circ}$ . Des expériences directes que nous avons faites sur du carbure de fer préparé en attaquant un acier par l'acide sulfurique étendu nous ont confirmé ce résultat. La disparition du magnétisme du carbure de fer se produit aux environs de  $200^{\circ}$ . En tenant compte de la division extrême du produit sur lequel nous avons opéré, nous avons été amenés à admettre que la perméabilité du carbure ne devait pas dépasser 30 à 50 C. G. S. C'est donc en somme un corps peu magnétique. Il est même moins magnétique que ne pourrait le faire prévoir l'amplitude de l'inflexion constatée sur nos courbes pour les nos 4, 5, 6 et 7.

» Si maintenant on considère le n<sup>o</sup> 8, on se trouve en présence



Grossissement = 600 D.

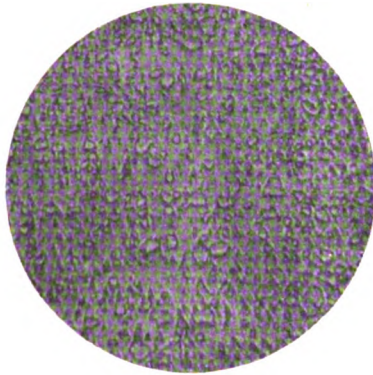
Fig. 9. — Micrographie de l'acier n<sup>o</sup> 7. C. 0,811 pour 100.

d'un acier plus carburé que tous les autres, dans lequel, d'une part, l'inflexion de  $200^{\circ}$  est moins accusée que pour les nos 6 et 7 et qui d'autre part conserve au moins jusqu'à  $700^{\circ}$  une perméabilité

---

<sup>(1)</sup> *C. R. Acad. Sc.*, t. CXLVIII, mars, 1909, p. 776.

bien supérieure à la leur. En regardant au microscope ces trois aciers, nous avons constaté que, tandis que la cémentite était en belles lamelles dans la perlite des aciers 6 et 7, elle était au contraire disséminée en petits globules dans l'acier 8. Nous donnons (fig. 9 et 10) les micrographies des aciers 7 et 8. Il est facile de se rendre compte que, dans le cas de la perlite lamellaire, le carbure



Grossissement = 600 D.

Fig. 10. — Micrographie de l'acier n° 8. C. 1,2 pour 100.

forme une série d'entrefers qui opposent au passage des lignes de force une résistance beaucoup plus grande que les globules dans l'acier n° 8, entre lesquels elles peuvent circuler. Il n'est donc pas étonnant que l'inflexion produite par la perte de magnétisme du carbure soit bien plus notable dans ces aciers 6 et 7 que ne l'indiquerait la loi des mélanges.

» Pour les aciers 1 et 3, la disparition totale du magnétisme au chauffage et sa réapparition au refroidissement sont sensiblement réversibles, comme l'avait indiqué Curie, et la température à laquelle se produit la variation de magnétisme la plus brusque correspond à peu près au point critique  $A_2$  qui est bien, lui aussi, réversible.

» Pour les aciers n° 4 et 5, au contraire, la disparition du magnétisme se fait en deux temps. Une première inflexion correspond au point critique  $Ac_1$  et la disparition complète se produit à une température qui correspond à celle de  $Ac_2$ . La réapparition commence sensiblement à la même température à laquelle s'est produite la disparition. Le point  $Ar_2$  est donc bien sensiblement réversible avec  $Ac_2$ . Quant à la seconde inflexion que nous rencontrons,



elle coïncide bien avec le point critique  $A_1$ , et elle est, comme lui, irréversible par rapport au point de chauffage  $A_{c1}$ .

» La deuxième série de mesures a été faite avec un champ maximum  $\mathcal{H}_{\max} = 1,5$  gauss (fig. 11). Nous remarquons tout

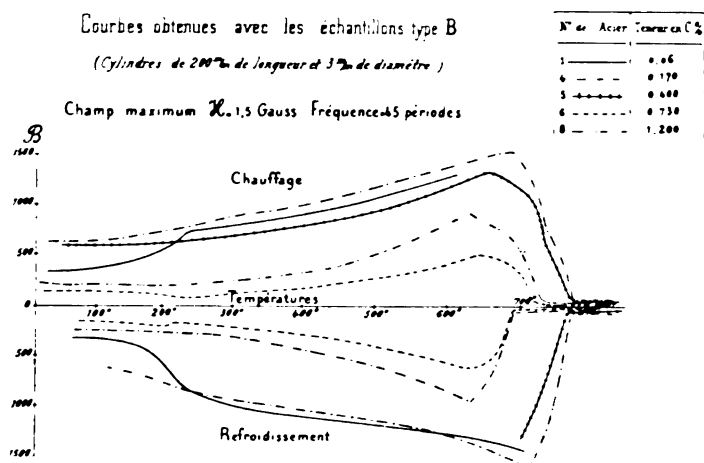


Fig. 11.

d'abord sur ces courbes une augmentation progressive de la perméabilité depuis la température ordinaire jusque vers 650°. Cette augmentation est intimement liée, comme l'a nettement montré Hopkinson, à une diminution progressive de la force coercitive quand la température s'élève; à part cela, le point de 200° se trouve très atténué, ce qui s'explique par ce fait que la perméabilité du fer dans un champ de 1,5 gauss est près de 5 fois plus forte que dans un champ de 20 unités. Il s'ensuit que la perméabilité du carbure qui varie peu en fonction du champ est tellement faible par rapport à celle du fer que ses variations ne se font pour ainsi dire pas sentir. Nous notons en outre la disparition du magnétisme en deux temps. L'un correspondant à  $A_1$ , qui est irréversible et l'autre à  $A_2$ , réversible.

» Le point le plus intéressant à relever dans cette série de courbes est l'allure de celle de l'acier n° 1. Cet acier très oxydé et probablement riche en gaz dissous, puisqu'il a été prélevé, dans un Bessemer, en cours de sursoufflage, se caractérise à la température ordinaire, comme nous l'avons déjà indiqué, par une hystérésis trois fois plus grande que celle d'un acier normal de même composition.

Sa force coercitive est également très grande et sa perméabilité dans les champs faibles est très petite. Il n'est donc pas étonnant que, sur notre courbe déterminée dans un champ de 1,5 gauss, l'ordonnée à l'origine soit très faible; mais vers 250°, cette ordonnée augmente d'une façon considérable et à partir de ce moment l'acier devient absolument normal. Au refroidissement, le phénomène inverse se produit à peu près aux mêmes températures. Ce fait nous a paru digne de remarque.

» *Échantillons type C.* --- Il nous a paru intéressant d'étendre nos essais aux anneaux type C que nous avons établis pour étudier la perméabilité et l'hystérésis à froid de nos aciers. Ces échantillons, formant un circuit magnétique fermé, devraient donner les courbes les plus parfaites; mais, par suite de leur grande section, ces échantillons sont le siège de courants induits qui produisent un effet perturbateur considérable. D'après les calculs et les mesures de M. Jouaust, l'induction maxima apparente observée à froid ne serait, dans un champ alternatif à 45 périodes, d'une valeur maxima de 20 gauss (*fig. 12*), que le quart de sa valeur réelle dans un champ

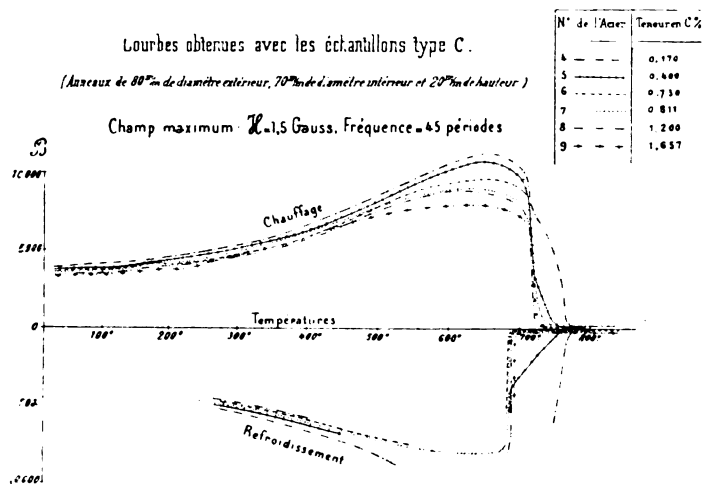


Fig. 12.

continu de même valeur. Cette action diminue au fur et à mesure que la température s'élève, car la résistance de l'acier augmentant, les courants induits doivent forcément diminuer, c'est pourquoi nous observons une allure ascendante sur nos courbes, jusqu'à 650°

environ. La partie des courbes correspondant à la disparition du magnétisme est cependant intéressante à noter; car, à la température à laquelle elle se produit, la résistance de l'acier est telle que les courants induits ont une influence très faible. Elle confirme ce que nous avons obtenu sur les échantillons du type B.

» Pour les essais avec un champ  $\mathcal{H}_{\max.} = 1,5$  gauss (fig. 13),

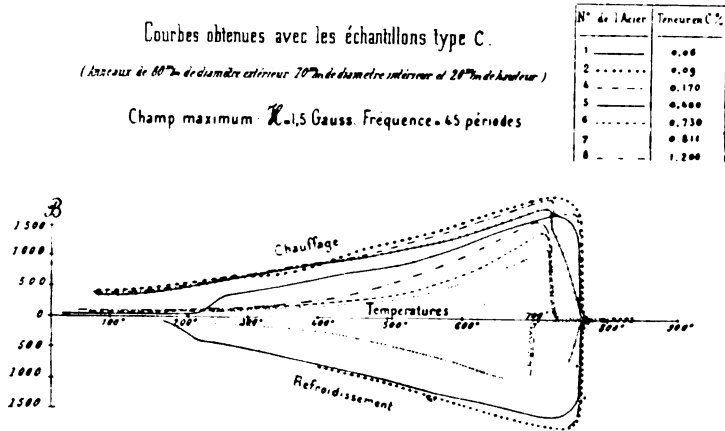


Fig. 13.

nous ferons la même remarque que précédemment, bien que cette action soit un peu atténuée et que la perméabilité apparente soit plus de la moitié de la perméabilité réelle. Quoi qu'il en soit, l'allure de ces courbes confirme entièrement les conclusions tirées précédemment de l'inspection de celles des échantillons type B : 1° la transformation vers 230° de l'échantillon type n° 1, et 2° la séparation bien nette des points  $A_1$  irréversible et  $A_2$  réversible. Enfin nous relevons sur les courbes 1 et 2 des inflexions peu accusées qui se produisent à des températures très inférieures aux points critiques et peuvent peut-être se relier aux minima obtenus dans les mêmes conditions sur aciers doux, d'abord par Morris et ensuite par Maurain.

» ESSAIS SUR ÉCHANTILLONS TREMPÉS (fig. 14). — Nous avons fait à titre d'indication quelques essais sur des échantillons ayant préalablement subi la trempe à l'eau à 1000°. En dehors de la suppression du point de 200° et de la réapparition progressive de la perméabilité au delà de 450° que nous notons sur les courbes 2 et 3,

réapparition qui permet de suivre la destruction des effets de trempe, nous devons signaler au chauffage un point singulier qui se produit

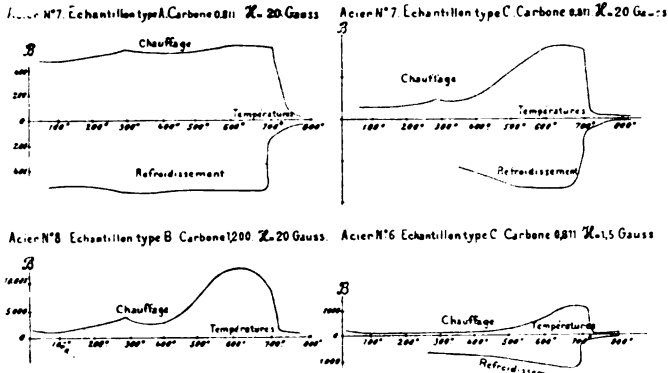


Fig. 14. -- Courbes de chauffage et de refroidissement d'aciers préalablement trempés à 1000° à l'eau froide.

au voisinage de 300°. Un point analogue avait, du reste, été noté par MM. Charpy et Grenet sur les courbes de dilatation d'un acier

Courbe de dilatation d'un acier à 0.93 de carbone  
préalablement trempé à 925° à l'eau froide.

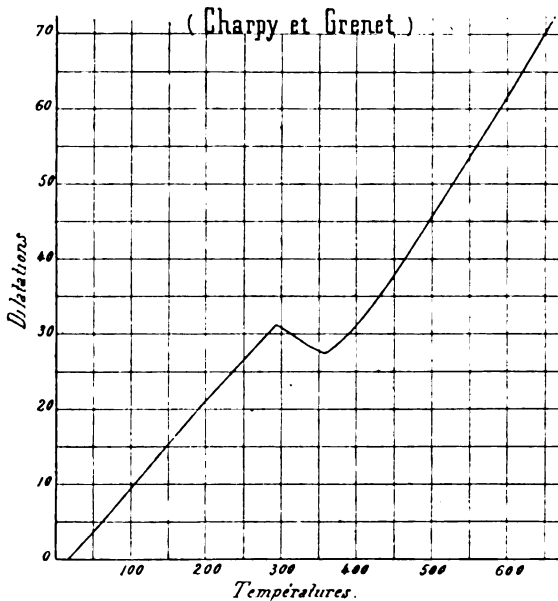


Fig. 15.

préalablement trempé <sup>(1)</sup> (fig. 15). Cette anomalie se retrouve

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1903, p. 488 et 883.

aussi dans quelques courbes de dureté à chaud mesurées par M. Robin <sup>(1)</sup> au moyen de la bille Brinell.

» Il est à remarquer aussi que, sur les courbes de refroidissement, la réapparition du magnétisme commence vers 750°. Elle est lente d'abord et ne devient rapide qu'au-dessous de 700°. Il ne se produit rien d'analogue avec des aciers préalablement recuits.

### CONCLUSIONS.

» Bien que cette étude soulève un certain nombre de questions qui sont loin d'être résolues, quelques points sont à retenir.

» 1° Le dispositif d'enregistrement que nous préconisons peut rendre industrielle l'étude des points critiques de magnétisme, et faciliter leur comparaison avec les points critiques thermiques.

» 2° Même pour l'étude qualitative des points critiques de magnétisme, il faut éviter l'emploi d'échantillons dans lesquels l'influence démagnétisante des pôles a une valeur notable.

» 3° Le magnétisme ne décèle pas seulement le point critique  $A_2$  comme on l'a souvent écrit : mais aussi d'une façon très nette le point  $A_1$ . Il met en évidence une différence essentielle de ces deux points, qu'on n'avait pas fait ressortir jusqu'ici. Tandis que  $A_1$  présente une hystérésis notable,  $A_2$ , au contraire, est réversible,

» 4° La cémentite est un corps peu magnétique à la température ordinaire. Sa perméabilité, qui est de l'ordre de 30 à 40 C. G. S., varie peu en fonction du champ. Comme l'a signalé M. Wologdine, la température de disparition du magnétisme pour ce corps est voisine de 200°.

« Il y a donc là une nouvelle ligne à introduire dans le diagramme de Bakhuis-Roozeboom.

» 5° Pendant le recuit d'un acier préalablement trempé à haute température, il se produit à 360° un maximum local de perméabilité qui correspond exactement à une anomalie de dilatation trouvée par MM. Charpy et Grenet.

» 6° L'acier oxydé que nous avons étudié présente à froid une hystérésis et une force coercitive très anormales. Cette anomalie

---

(1) *Revue de la Métallurgie*, t. V, 1908, p. 901.



disparaît vers 250° pour reparaître au refroidissement à une température légèrement inférieure.

» 7° Quelle est la véritable cause de la réversibilité de la réaction A<sub>2</sub>, alors que la dilatation pour A<sub>3</sub> et le magnétisme pour A<sub>1</sub> montrent que ces deux dernières réactions sont nettement irréversibles ? N'y a-t-il pas lieu de se demander si A<sub>2</sub> n'est pas un point de transformation purement magnétique, comme l'indiquerait la théorie de M. P. Weiss ?

» Le maximum de perméabilité relevé à 300° sur des aciers préalablement trempés a-t-il une relation avec la formation de l'osmondite décrite par M. Heyn ?

» A quoi correspond l'anomalie relevé jusqu'à 250° sur notre acier oxydé ?

» Ce sont là autant de problèmes que notre étude ne fait que soulever sans les résoudre.

\*  
\* \*

» Nous serions heureux toutefois si les résultats contenus dans notre Communication pouvaient aider en quoi que ce soit les recherches qui se poursuivent depuis si longtemps déjà pour trouver l'influence de tous les éléments, dont dépend la constitution des aciers, sur leurs propriétés magnétiques. Si ces recherches intéressent les métallurgistes auxquels elles peuvent fournir des renseignements capables de les guider dans l'élaboration et le traitement des métaux qu'ils produisent, elles ne doivent pas laisser indifférents non plus les électriciens auxquels elles empruntent les méthodes et pour lesquels elles permettent de préparer des métaux de mieux en mieux appropriés à leurs besoins.

» Nous devons rappeler enfin que cette étude a été faite au Creusot, au Laboratoire de MM. Schneider et C<sup>ie</sup>, qui ont bien voulu par permission spéciale en autoriser la Communication à votre Société. »

M. FÉLIX ROBIN. — « Comme l'auteur de cette intéressante Communication le fait bien sentir, *un grand nombre de phénomènes métallurgiques restent inexpliqués*, et c'est là, pour les esprits

curieux un terrain d'étude très séduisant. Il est certain qu'on cherchera encore longtemps à préciser, par des recherches dans tous les domaines possibles de la Physique et de la Chimie, les phénomènes de transformation des métaux.

» Je voudrais simplement *mettre en garde les chercheurs contre la tendance* bien naturelle de tirer des *conclusions générales un peu trop hâtives* des résultats obtenus par l'étude d'UNE SEULE propriété.

» Il est en effet naturel de penser que, lorsqu'une modification s'opère dans la matière, toutes ses propriétés se modifient d'une façon concomitante. Il n'en est malheureusement pas ainsi, du moins dans les métaux; d'où, pour des esprits scientifiques sincères, un scepticisme fatal sur ces questions. J'en donnerai plusieurs *exemples* déroutant un peu l'esprit par leur caractère paradoxal; ils sont énoncés par ordre de complexité croissante.

» I. *Les variations de l'intensité de l'effet physique en étude peuvent signaler les singularités de la matière d'une façon différente;*

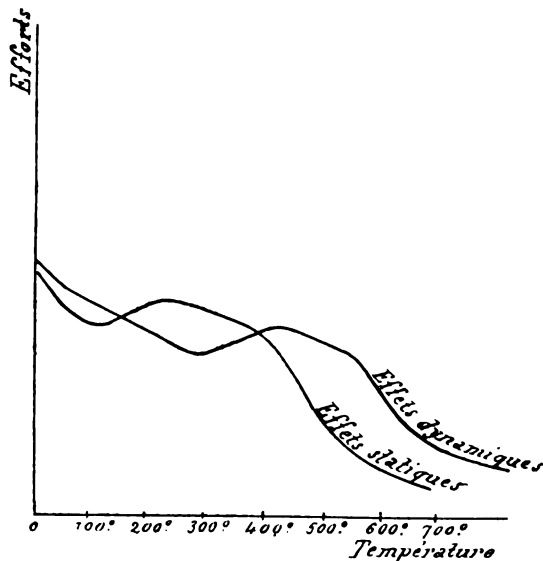


Fig. 1.

c'est ainsi que des maxima et minima des courbes traduisant certains effets peuvent se déplacer ou disparaître dans certaines conditions. C'est ce qui arrive par exemple pour les effets méca-

niques dans les métaux, variant avec la vitesse des efforts (H. Le Chatelier, Martens, Frémont, F. Robin, etc.) (fig. 1) pour les effets magnétiques (Curie, Morris, Maurain, etc.) (fig. 2). Le point

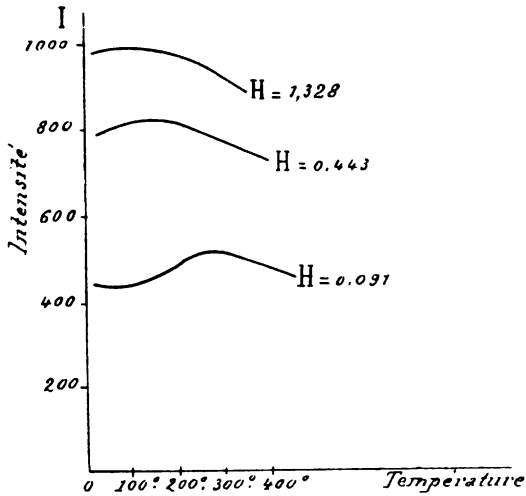


Fig. 2.

de 120° du fer est ainsi signalé par les courbes de chute du magnétisme rémanent (*Société des Électriciens*, mai 1913) sans l'être dans les expériences précédentes qui, par contre, donnent des indications nettes sur les transformations à haute température.

» II. Des propriétés physiques différentes peuvent ou non signaler des transformations sans qu'il paraisse possible d'en prévoir l'effet.

» Ceci est exact non seulement pour deux propriétés physiques très éloignées, sans rapport évident, mais encore pour deux propriétés très voisines, telles que la sonorité (durée du son) et la hauteur du son.

» Le point de 120° du fer est signalé par la première d'une façon extrêmement nette, concordant avec les variations de résistance, dureté, etc.; la seconde ne l'indique pas, quelle que soit la précision des expériences (fig. 3) (*Société de Physique*, avril 1912; *Revue de Métallurgie*, 1912).

» III. Les effets précédents peuvent s'interpréter vaguement par des différences de sensibilité des propriétés ou par la simultanéité de deux effets différents, qui, dans certains cas, s'addi-

tionnent ou se retranchent différemment (d'où le déplacement

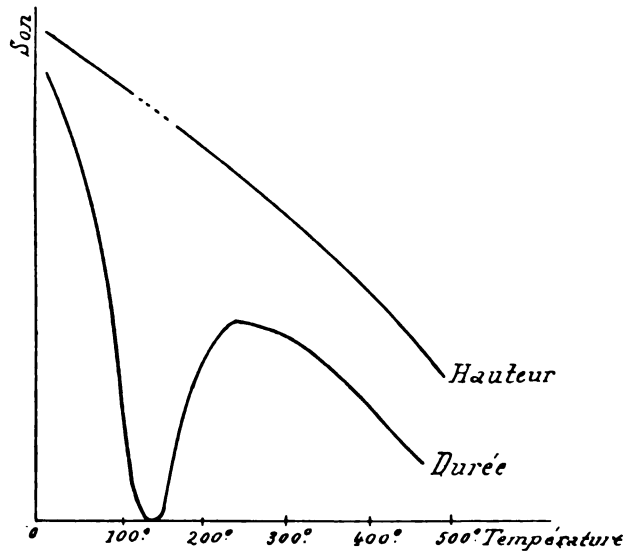


Fig. 3.

des maxima et minima). Voici un cas plus extraordinaire où deux

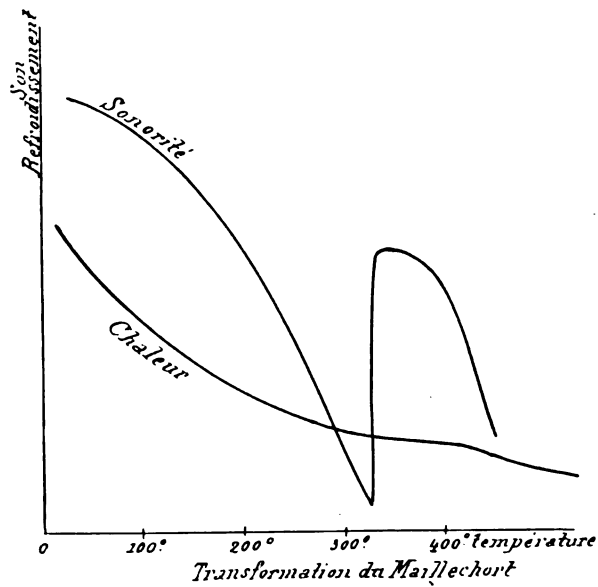


Fig. 4.

propriétés différentes donnent des indications contradictoires sur une transformation qui semble bien unique. La courbe de sonorité

du maillechoir indique un point de transformation très brusque, à température absolument définie, indépendant de la vitesse de refroidissement; la courbe des dégagements thermiques, employée classiquement dans l'étude des transformations des métaux, indique une transformation très vague, étendue sur un grand intervalle de température, et ne se produisant que par un refroidissement extrêmement lent (*Revue de Métallurgie*, 1912) (*fig. 4*).

» IV. Enfin *certaines transformations sont visibles au microscope tandis que les propriétés générales semblent ne pas varier*. Dans des bronzes d'aluminium au zinc, spéciaux, nous voyons entre 60° et 100° (quelquefois même de 25° à 30°) apparaître brusquement sur la surface polie des systèmes de lames et des gonflements caractéristiques (*fig. 5*). Au refroidissement, tout disparaît. Diverses con-

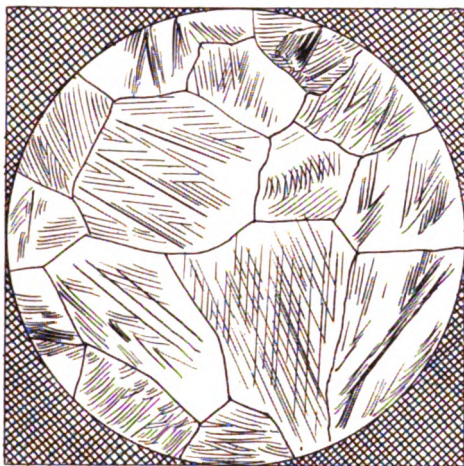


Fig. 5.

sidérations, notamment la constance des angles des systèmes de lames sur tous les grains, nous conduisent à supposer que la modification allotropique n'est que superficielle, la pression interne empêchant la transformation.

» Les cas que nous venons de citer sont heureusement très particuliers; il n'en est pas moins indispensable de se garder avec soin de toute *conclusion trop hâtive* tirée des singularités de variation d'une propriété isolée, ou même de deux propriétés vaguement concordantes.

» *Remarque.* — Pour répondre à la demande qu'on nous a faite de la *visibilité possible des transformations* des métaux par *vieillessement* et *fatigue* sous l'action des vibrations répétées, chocs, etc., nous devons rappeler qu'il semble bien établi aujourd'hui que les grains métalliques restent absolument identiques, à moins d'être chauffés aux températures de début de recuit, et que l'altération ne s'y manifeste que par des *stries de glissement* si le métal a travaillé au delà de sa résistance élastique, et par des *disjonctions des grains* (ouverture des joints, d'où cassure à grains, faisant dire improprement que le métal a cristallisé à froid sous l'action des vibrations).

M. le PRÉSIDENT. — « Je remercie M. Dejean et M. Robin des exposés qu'ils viennent de nous donner relativement à la variation du magnétisme des aciers avec la température.

» Nous avons particulièrement apprécié, dans la Communication de M. Dejean, outre l'intérêt des résultats qu'il a trouvés, l'ingéniosité avec laquelle il a imaginé et réalisé une méthode nouvelle d'enregistrement automatique, destinée, sans nul doute, à rendre de précieux services dans l'avenir.

« J'exprime également notre gratitude à la grande maison métallurgique dans les laboratoires de laquelle M. Dejean a exécuté ses travaux, pour avoir bien voulu, avec une haute libéralité, en faire profiter tous les électriciens.

» La complexité du sujet est d'ailleurs telle, comme nous avons pu en juger par les Communications que nous venons d'entendre, que les efforts de plusieurs chercheurs, placés à des points de vue différents, ne sont pas de trop pour en mettre en lumière les multiples aspects. Aussi les recherches de M. Dejean et de M. Robin, tant par la différence des méthodes qu'ils ont mises en œuvre que par la variété des grandeurs physiques qu'ils ont mesurées, ainsi que par les écarts des régions de températures qu'ils ont explorées, se complètent-elles d'une manière très heureuse ».



**SUR LE CRITÉRIUM DE BONNE COMMUTATION DE M. MAUDUIT  
ET LA COMMUTATION EN RÉGIME VARIABLE.**

M. GUERY. — « Messieurs, la question de la commutation est peut-être la plus riche en complications, tant théoriques que pratiques, qu'aient suscitées les applications industrielles de l'électricité. Elle est, par suite, une source inépuisable d'études pour l'ingénieur. Ces études peuvent être poursuivies dans divers ordres d'idées :

» Dans une première catégorie se placent les recherches expérimentales et théoriques ayant pour but de conduire à une analyse de plus en plus exacte des phénomènes. C'est surtout à ce point de vue que M. Mauduit s'est placé dans la communication qu'il a présentée ici à la fin de l'année 1912.

» Une autre catégorie comprend la recherche plus terre à terre, mais d'application plus immédiate, d'un critérium de bonne commutation permettant à tout ingénieur de se rendre compte rapidement et sans calculs compliqués de la valeur d'une machine à ce point de vue. En formulant un tel critérium, M. Mauduit avait surtout pour but de résumer d'une manière simple et accessible à tous les considérations d'ensemble qu'ils avaient présentées.

» Il ne s'est donc attaché, ni à discuter à fond les hypothèses sur lesquelles il s'est implicitement appuyé pour établir sa formule, ni à mettre celle-ci sous la forme la plus propre à en dégager aisément les conséquences. Il m'a semblé que ces différents points de vue pouvaient présenter un certain intérêt, et c'est ce qui m'a engagé à revenir ce soir sur ce sujet.

» Je crois que personne ne cherche à discuter l'opportunité de l'emploi de la valeur de la tension moyenne induite dans la section en court-circuit comme critérium de bonne commutation. Mais il peut y avoir des divergences profondes entre les différents moyens de déterminer cette tension moyenne. Tout en étant parfaitement d'accord au fond sur la manière dont M. Mauduit envisage cette

question, j'en ferai un exposé légèrement différent du sien, tout au moins dans la forme.

» Je me placerai dans le seul cas facile à définir rigoureusement et qui comporte d'ailleurs le maximum de difficulté pratique pour la commutation : c'est celui où la machine doit pouvoir tourner indifféremment dans un sens ou dans l'autre et où, par suite, l'axe des balais doit correspondre rigoureusement à la ligne neutre théorique.

## 1. — MACHINES A POLES SAILLANTS.

» Nous examinerons d'abord le cas de la machine à pôles saillants sans enroulements de compensation ni pôles auxiliaires. Dans les conditions ainsi définies, la commutation ne peut être théoriquement parfaite.

» Envisager la valeur moyenne de la force électromotrice induite, ou supposer que la section en commutation se déplace dans un champ fixe et constant, sont deux conceptions équivalentes ; il n'est donc pas surprenant que la formule de critérium de M. Mauduit, qui exprime que la tension moyenne induite doit être limitée à une certaine valeur, puisse être obtenue en supposant que l'induit tourne dans son propre champ supposé fixe, ainsi que je l'ai vérifié dans une Note insérée au Bulletin de mai 1913 de la Société Amicale des Ingénieurs de l'École supérieure d'Électricité.

» On notera également l'équivalence évidente de la conception de déplacement de l'induit dans un champ fixe et de celle adoptée par M. Mauduit, lorsqu'il observe qu'au point de vue de la force électromotrice moyenne dans la section en commutation, le nombre de lames couvertes par le balai est indifférent.

» La discussion des bases du critérium de M. Mauduit peut donc être ramenée à celle de la légitimité de la notion de champ fixe. Il est utile de faire d'abord à ce point de vue une distinction dont l'intérêt se manifesterà dans la suite :

» Lorsque nous envisageons un groupement complexe de conducteurs, tel que celui qui constitue un induit de dynamo, nous devons distinguer plusieurs groupes de lignes de force : un premier groupe, le plus important, commun à tous les conducteurs de l'induit,

constitue le flux général de celui-ci; les autres groupes entourent seulement un conducteur ou un faisceau de conducteurs et forment ce qu'on peut appeler le flux de fuites. Dans le cas de la machine sans pôles auxiliaires, M. Mauduit a délibérément mis de côté les lignes de force du flux de fuites dans la section en commutation. Nous allons montrer qu'en l'espèce il avait raison de le faire, mais comme, dans certains cas très importants, ces lignes de force jouent au contraire, ainsi que nous le verrons, un rôle prépondérant, nous ne devons pas les écarter *a priori*, sans montrer qu'elles n'existent pas.

» Considérons un conducteur cylindrique rectiligne indéfini placé dans un champ uniforme  $\mathcal{H}$ . Ce conducteur, parcouru par un courant de  $i$  ampères, donne lieu, en un point extérieur, à une distance  $R$  de son centre, à un champ  $\frac{2i}{10R}$ . Il est facile de voir que les lignes de force qui, avant l'action du champ  $\mathcal{H}$ , entouraient le conducteur jusqu'à une distance  $R$  telle que

$$\frac{2i}{10R} = \mathcal{H}$$

ne seront pas introduites dans la circulation générale. Les planches du deuxième volume d'*Électricité et Magnétisme*, de Maxwell, montrent bien l'effet curieux de rebroussement produit sur les lignes

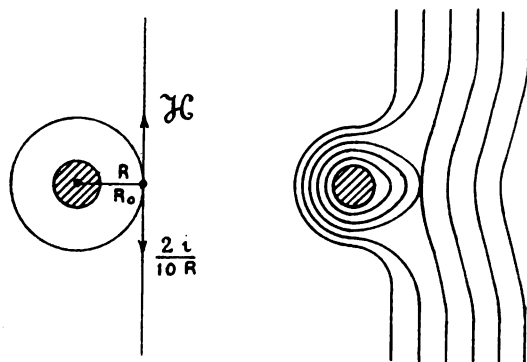


Fig. 1.

de force placées au delà de cette distance critique. La figure 1 reproduit grossièrement cet effet.

» Supposons maintenant que le conducteur ait un rayon  $R_0$ .

A l'intérieur, le champ a pour valeur :

$$\frac{2\pi R^2}{\pi R_0^2} \frac{i}{10} \frac{1}{R} = \frac{2i}{10 R_0^2} R,$$

décroissant de la périphérie à l'axe du conducteur.

» Si donc l'intensité  $i$  est telle que le champ périphérique qu'elle produit soit inférieur au champ extérieur, il y aura entraînement complet des lignes de force dues au conducteur. Dans le cas où le champ périphérique surpasse le champ extérieur, il y a, au contraire, des lignes de force qui n'entrent pas dans la circulation générale, mais il y en a d'autant moins que le champ extérieur est plus intense par rapport au champ dû au courant.

» Pour appliquer ces considérations au cas de l'induit d'une dynamo, il faudra d'abord leur enlever la rigueur qui correspondait au cas géométriquement simple envisagé. Nous remarquerons en outre, qu'en raison du grand trajet dans l'air des lignes de force de la zone de commutation, on peut admettre que le champ moyen dans les encoches dû aux conducteurs qui n'y sont pas contenus est peu différent du champ à la surface des dents. Il est en tout cas vraisemblablement du même ordre de grandeur. Prenons donc un exemple; supposons des encoches et des dents de 1 cm de large et des sections réduites à un seul conducteur. Dans ces conditions, l'intensité du courant dans chaque section est égale à  $k$ , nombre d'ampères conducteurs par centimètre de développement d'induit, et si l'on pouvait admettre que les conducteurs sont indéfinis et le champ uniforme, les lignes de force entourant les conducteurs dans les encoches seraient limitées à un rayon  $R$  tel que  $\frac{2k}{10R} = \mathfrak{B}_1$ ,  $\mathfrak{B}_1$  étant l'induction périphérique dans la zone de commutation. Nous verrons plus loin que  $\mathfrak{B}_1$  est de l'ordre de 1,2  $k$ . Il en résulte  $R = 0,17$  cm.

» Ce résultat justifie entièrement le point de vue de M. Mauduit. Il y a bien, il est vrai, à tenir compte de la dispersion autour des portions de conducteurs extérieures à l'armature. Dans cette zone, le champ général étant beaucoup plus faible, il y aura beaucoup moins de lignes de force entraînées dans la circulation, et l'influence de la dispersion n'y sera peut-être pas négligeable; mais en tout cas, il est bien évident que les calculs de flux de dispersion basés

sur la perméance des encoches, n'ont pas de sens pour le genre de machines que nous envisageons pour le moment.

» Il résulte également de ce qui précède, que nous pouvons ne tenir compte que du flux général de l'induit dans la discussion des bases du critérium, ce qui simplifie notablement la question.

» Toutefois, pour arriver à une expression générale qui pourra nous être utile dans la suite, nous établirons la formule en calculant deux forces électromotrices, l'une  $\varepsilon_r$ , due à la rotation de la section en commutation dans le champ de l'induit supposé fixe, l'autre  $\varepsilon_s$ , force électromotrice moyenne, due à la variation du flux de fuites propre à la section en commutation. Le critérium de bonne commutation aura donc pour expression

$$(1) \quad \varepsilon_r + \varepsilon_s < \varepsilon_r,$$

$\varepsilon_r$ , ayant une valeur définie par toutes les conditions du contact balais-collecteur.

» *Détermination de  $\varepsilon_r$ .* — Nous conserverons les notations de M. Mauduit, pour que le présent travail puisse être rapproché de celui de notre collègue :

$k$ , nombre d'ampères-fils par centimètre de développement périphérique;

$D$ , diamètre de l'armature en centimètres;

$l$ , longueur axiale de l'armature;

$N_s$ , nombre de spires par section;

$n$ , vitesse angulaire en tours par minute;

$p$ , nombre de paires de pôles.

» Appelons en outre :

$I$ , le courant total;

$m$ , le nombre de paires de circuits en parallèle entre les balais;

$q$ , le nombre de lames au collecteur;

$\psi_s$ , l'induction moyenne dans l'air dans la zone de commutation, due aux ampères-tours d'induit.

» Il est évident que, dans des limites telles que la perméabilité des différentes parties du circuit magnétique puisse être considérée comme constante,  $\psi_s$ , pour une machine déterminée, est

proportionnel à  $k$  et nous pouvons écrire :

$$\omega_1 = b_1 k.$$

» Nous pouvons même remarquer que  $b_1$  variera peu d'une machine à l'autre; en effet, pour deux machines géométriquement semblables, bien que de dimensions absolues très différentes, il est facile de voir que  $b_1$  devrait être rigoureusement le même, les longueurs des lignes de force étant, dans ces conditions, proportionnelles aux ampères-tours. Les écarts sur la valeur de  $b_1$  ne peuvent donc provenir que des différences dans les proportions géométriques, différences en général peu importantes pour des machines à même nombre de pôles.  $b_1$  doit croître en même temps que le nombre de pôles, mais d'une façon peu sensible.

» La valeur de la force électromotrice se trouve en écrivant que les conducteurs de la section en commutation coupent les lignes de force d'un champ d'intensité  $b_1 k$ . Elle est en volts :

$$(2) \quad \varepsilon_v = 2 N_3 b_1 k l \pi D \frac{n}{60} 10^{-8}$$

ou, en remarquant que :

$$2 q N_3 \frac{l}{2m} = \pi D k,$$

$$(2 \text{ bis}) \quad \varepsilon_v = 4 q N_3^2 l \frac{n}{60} 10^{-8} b_1 \frac{l}{2m}.$$

» *Détermination de  $\varepsilon_s$ .* — En désignant par  $T$  la durée de la commutation, par  $\Pi l$  la perméance totale du circuit de dispersion de la section en commutation, et en admettant que deux sections commutent en même temps, la valeur de  $\varepsilon_s$  peut s'écrire également de suite :

$$(3) \quad \varepsilon_s = \frac{2}{T} N_3^2 \frac{l}{2m} 2 \Pi l 10^{-8},$$

ou, en désignant par  $\beta'$  le nombre de lames couvertes par un balai et remarquant que :

$$T = \frac{60 \beta'}{n q},$$

$$(3 \text{ bis}) \quad \varepsilon_s = 4 q N_3^2 l \frac{n}{60} 10^{-8} \frac{\Pi}{\beta'} \frac{l}{2m}.$$

» *Discussion du critérium.* — Le critérium de bonne commu-



tation peut donc s'écrire

$$(4) \quad \frac{2qN_3^2 l \cdot 10^{-8}}{60m} \left( b_1 + \frac{\Pi}{\beta} \right) n I \approx \varepsilon_r.$$

» Le premier membre de cette relation se présente sous la forme d'un produit de quatre facteurs : le premier ne contient que des termes caractéristiques de la construction de la machine. Pour une machine donnée, ce facteur est indépendant des conditions de fonctionnement. Il en est à peu près de même du second. Les deux derniers facteurs mis en évidence dans la formule en permettent une discussion facile, d'où l'on peut déduire très simplement des résultats classiques en ce qui concerne le fonctionnement des machines à diverses charges pour les différents modes d'excitation.

» Nous n'avons pas à entrer dans cette discussion qui ne nous apprendrait rien de nouveau.

» Nous pouvons aborder maintenant l'examen des conditions dans lesquelles on peut considérer que la formule est applicable, afin d'en préciser la portée.

» Il résulte déjà, de tout ce qui précède, que le critérium aura d'autant plus de valeur que la notion de fixité du champ de l'induit pourra être considérée comme s'approchant plus de la vérité. Ce point mérite par suite un examen détaillé.

» On dit communément que, si la commutation est linéaire, le champ d'induit est fixe; ceci n'est pas rigoureusement exact : nous avons fait, en note annexe, pour ne pas surcharger notre exposé, l'étude du champ d'induit dans la commutation linéaire; nous donnons ici seulement la conclusion de cette étude :

*» En supposant l'induit suffisamment divisé, la commutation linéaire rend le champ d'induit fixe lorsque l'enroulement est à pas diamétral et que le balai couvre un nombre entier de lames. Dans tous les autres cas, il y a un balancement plus ou moins prononcé du champ de l'induit, et la loi de variation de l'intensité dans la section qui rendrait le champ fixe s'écarte de la loi linéaire dans un sens opposé à celui dans lequel agissent généralement les causes naturelles qui troublent la commutation.*

» Cette première étude semble donc peu favorable à l'emploi

de la notion de champ d'induit fixe. Il convient néanmoins de poursuivre l'examen de cette question. Supposons donc que le champ d'induit soit affecté d'un balancement autour de la ligne neutre. Il produit ainsi une composante longitudinale de force magnétomotrice dont l'écart total d'amplitude est sensiblement égal au produit de la force magnétomotrice totale de l'induit par l'amplitude angulaire du balancement du champ d'induit (*fig. 2*).

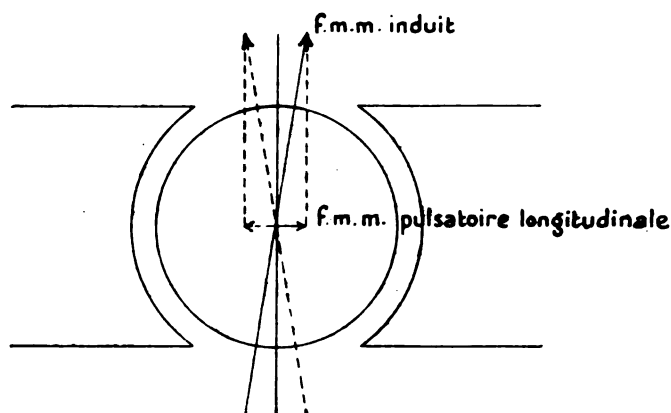


Fig. 2.

Le flux produit dans le circuit magnétique général par cette force magnétomotrice alternative, induit dans la section en court circuit une force électromotrice, qui, ainsi que M. Mauduit l'a fait observer, est favorable à la commutation pendant le parcours d'aller du champ d'induit et défavorable pendant le parcours de retour.

» Mais ce flux alternatif traverse soit des pièces pleines, soit des circuits fermés, tels que circuits amortisseurs, joues métalliques de bobines inductrices et enfin le circuit inducteur lui-même fermé dans les machines shunt sur une résistance extérieure négligeable. Sauf dans le cas des moteurs type traction, il doit donc se trouver le plus souvent presque complètement étouffé <sup>(1)</sup>.

» Dans ces conditions, le champ d'induit peut de nouveau être

---

<sup>(1)</sup> Même dans ce cas des moteurs série de traction, le flux pulsatoire doit être en partie étouffé; car, arrêté par la partie pleine de l'inducteur, il doit être rejeté sur les flancs et les faces des pôles où il se heurte au ruban de cuivre de l'enroulement.

considéré comme fixe, quelle que soit la loi de variation de l'intensité dans la section en commutation.

» Un résultat important de la discussion qui précède, c'est que le cas général où le champ d'induit peut être supposé fixe ne doit pas être considéré comme particulièrement favorable à la bonne commutation. En effet, l'étouffement du flux alternatif, dû au balancement du champ d'induit, a pour effet de supprimer, ou, tout au moins, de réduire considérablement la force électromotrice favorable qui se produit pendant le parcours d'aller du champ, c'est-à-dire pendant la première partie de la commutation; il retarde donc celle-ci; il est vrai qu'il la favorise ensuite en réduisant également la force électromotrice défavorable qui se produit à la fin pendant le retour en arrière du champ d'induit.

» Dans le cas où le flux alternatif est étouffé, on voit bien apparaître l'intérêt de la tension moyenne comme critérium de la bonne commutation. Elle est égale en effet, d'après tout ce que nous venons de voir, à la force électromotrice qui agit pendant la première partie de la commutation pour retarder celle-ci.

» Dans le cas exceptionnel où le flux alternatif n'est pas étouffé, il est beaucoup plus difficile de se rendre compte de la valeur du critérium proposé.

» Les figures 32, 33 et 34 de la communication de décembre 1912 de M. Mauduit sont particulièrement intéressantes à observer pour l'étude de ce cas. Je reproduis ici grossièrement (*fig. 3 et 4*) les figures 33 et 34 <sup>(1)</sup>.

---

(<sup>1</sup>) M. Mauduit a donné de la figure 32, oscillogramme de la tension de section de l'induit en court circuit, une interprétation évidemment applicable également à la figure 34, tension de section avec alimentation extérieure, inducteur en court circuit, et qui me paraît devoir être révisée. En effet, cette interprétation est basée sur une comparaison avec la figure 31 qui représente le champ de l'induit relevé au balistique. Cette dernière figure me semble comporter une erreur sur la valeur de l'induction dans la zone interpolaire. Le chiffre de 600 gauss indiqué par M. Mauduit doit être beaucoup trop fort. Le calcul, fait d'après les données fournies, donne un chiffre de l'ordre de 120 gauss. Le même calcul donne, pour l'induction à la corne polaire, 3100 gauss, valeur plus forte que celle relevée; mais ce dernier écart s'explique par le mode d'essai employé, qui ne paraît pas tenir compte de l'induction rémanente. En réalité, les courbes des figures 32 et 34, qui représentent la tension de section dans le cas d'étouffement du flux alternatif, semblent reproduire assez exactement, abstraction faites des pointes de coupure, la courbe de l'induction

» Examinons la figure 3 (*fig. 33* de M. Mauduit : tension de section avec alimentation extérieure de l'induit et inducteur ouvert), traçons une courbe d'allure sinusoïdale de période égale à celle de la révolution de l'induit, et ayant pour amplitude la force

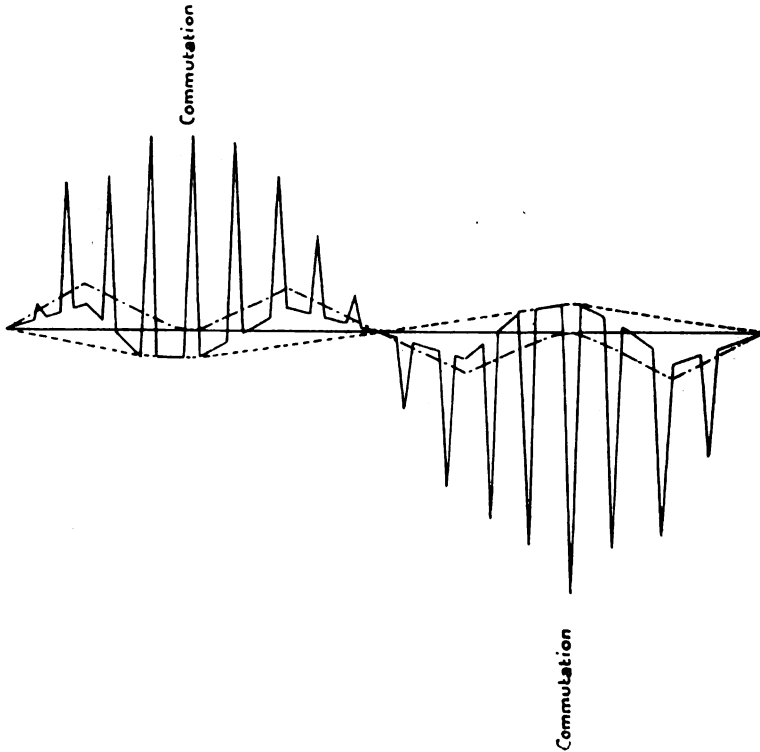


Fig. 3.

électromotrice favorable agissant dans la section en commutation (courbe en pointillé). En supposant que la courbe réelle, dans laquelle on ferait seulement abstraction des pointes, soit la résultante de cette quasi sinusoïde et d'une autre courbe, on constate que cette autre courbe (en pointillé mixte) reproduit assez exactement la courbe de l'induction périphérique. Le tracé de cette dernière serait sensiblement celui de la figure 4, abstrac-

---

périphérique. On peut toutefois remarquer que la courbe a une tendance à traverser la ligne de zéro dans la zone de commutation. Ceci peut tenir à un résidu de force électromotrice favorable, dû à ce que l'étouffement du flux n'est pas parfait. Sur ce point, je suis d'accord au fond avec M. Mauduit; la réserve que je viens de faire ne vise que l'ordre de grandeur du phénomène.

tion faite des pointes, que, pour cette raison, nous avons figurées en pointillé. On peut donc considérer que la force électromotrice réelle est la résultante de deux autres : la première, due à la rotation de l'induit dans un champ fixe; la deuxième, due aux

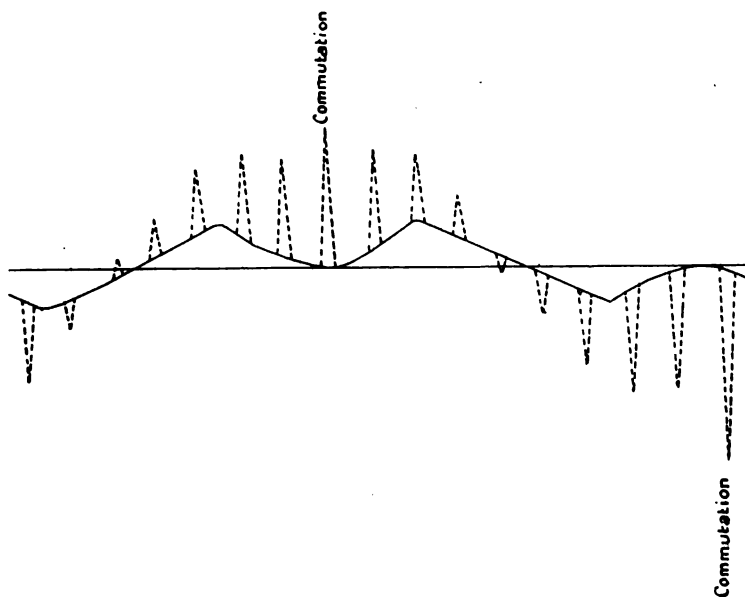


Fig. 4.

pulsations du flux longitudinal produites par le balancement du champ d'induit.

» Si l'on supposait le champ d'induit complètement entraîné pendant la première partie de la commutation, on aurait une force électromotrice favorable que l'on peut calculer. Elle serait de l'ordre de 10 volts dans la section en commutation, alors que la courbe réelle indique 1,25 volt environ. On voit donc que le balancement du champ n'est pas aussi prononcé qu'on pourrait le croire et que, pendant la première partie de la commutation, l'écart de la courbe de l'intensité dans la section par rapport à l'intensité linéaire ne doit pas être considérable; on aurait par exemple une courbe telle que celle de la figure 5. La pointe de la fin se produirait à la coupure; elle est importante parce que les variations de flux ne sont pas étouffées. Mais elle ne doit pas correspondre à une forte intensité, la force électromotrice favorable se maintenant jusqu'au moment de la coupure.

» Si nous revenons maintenant au cas où la variation de flux est étouffée, nous remarquons que la force électromotrice favorable étant absente ou très faible, la courbe de variation de l'intensité (courbe en pointillé de la figure 5) doit se tenir notablement au-

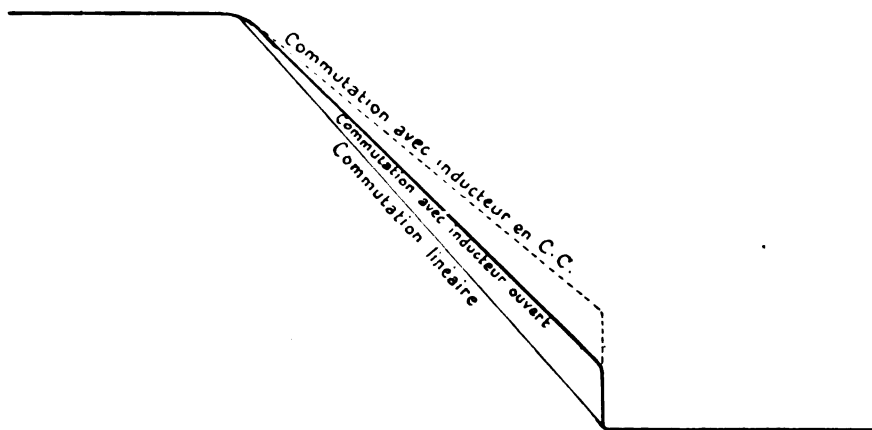


Fig. 5.

dessus de celle qui correspond au cas où cette force électromotrice existe; la coupure finale doit donc se faire sur une intensité plus grande. Elle donne lieu néanmoins à une pointe plus faible, parce que la variation de flux qui résulte de la variation brusque d'intensité est étouffée. Elle ne l'est pas entièrement toutefois, puisque la pointe a encore une valeur très importante, et c'est ce qui nous autorise à dire que, dans la première partie de la commutation, il doit exister une légère force électromotrice favorable.

» La pointe de coupure dépend de deux éléments : la variation d'intensité qui reste à produire et la self-inductance de la section. D'après les recherches de M. Mauduit, cette self-inductance serait deux fois et demie environ plus grande dans le cas où le flux alternatif n'est pas étouffé, que dans celui où l'inducteur est fermé en court circuit. Il en résulte que, si dans ce second cas l'intensité était seulement 1,6 fois plus grande que dans le premier, l'énergie mise en jeu dans l'étincelle serait la même dans les deux cas. D'après ce que nous avons vu plus haut, il n'est pas invraisemblable que cette condition soit remplie. On peut donc, à défaut d'une indication plus précise, prendre le même critérium, que le flux soit étouffé ou ne le soit pas; mais il faut bien reconnaître que ce

critérium n'a de valeur quantitative que dans le premier cas.

» On pourrait observer également que, lorsque le flux pulsatoire est étouffé, le critérium tient bien compte des causes qui s'opposent à la bonne commutation, mais ne paraît pas donner d'indication directe sur celles qui influent sur la coupure finale. Ainsi que nous l'avions signalée plus haut, l'élément important dans cette coupure est la self-inductance de la section. Or, celle-ci entre bien dans l'expression de la force électromotrice qui sert de base au critérium, si l'on admet que les variations de flux sont suffisamment étouffées pour qu'il n'en reste que la partie qui passe par la zone interpolaire. On peut donc dire que, bien qu'elle fasse intervenir une vitesse de variation d'ampères-tours qui paraît indépendante de celle qui intervient à la coupure, la formule du critérium peut également, dans une certaine mesure, caractériser celle-ci.

» L'analyse qui précède montre bien aussi que, dans le cas où le flux pulsatoire n'est pas étouffé, le critérium ne semble pas pouvoir donner d'indications sur les conditions de la coupure; car, dans ce cas, les variations de flux intéressent principalement le circuit magnétique longitudinal, qui n'intervient pas dans l'établissement de la formule.

» *Influence de la saturation.* — On peut encore se demander comment la formule du critérium peut tenir compte de l'influence de la saturation du circuit magnétique, à laquelle M. Mauduit paraît attacher une certaine importance. Ce point mérite une discussion spéciale.

» Nous savons qu'on peut considérer la commutation comme la superposition de deux phénomènes; le premier est le déplacement de la section en court circuit dans le champ fixe de l'induit; le second, la pulsation des ampères-tours longitudinaux; et que, suivant les cas, le flux variable qui résulte de cette pulsation, peut être ou non étouffé.

» S'il est étouffé, le trajet des lignes de force qui intéressent la commutation, se fait en grande partie dans l'air, et la saturation du fer doit être sans influence sensible.

» Au contraire, dans le cas où le flux pulsatoire n'est pas étouffé, les lignes de force suivent le trajet de celles du flux principal et



participent ainsi de l'état de saturation du circuit magnétique général. Il en résulte que cet état peut influencer notablement sur la valeur de la force électromotrice induite dans les sections en court circuit.

» On peut chercher à se rendre compte de l'ordre de grandeur de cette influence. L'effet de la saturation peut être de réduire au moins dans le rapport de 2 à 1 la variation de flux produite par une variation déterminée des ampères-tours longitudinaux. Il en résulte que la force électromotrice induite par cette variation de flux sera également réduite dans le rapport de 2 à 1. Mais cette force électromotrice est, comme nous l'avons vu, favorable à la commutation au début, défavorable à la fin. Nous nous retrouvons encore en présence de la complication théorique de ce cas, et il paraît bien difficile de dire d'avance quelle est celle des deux actions contraires qui va l'emporter. Si l'expérience semble indiquer une influence favorable de la saturation, c'est que les conditions de la coupure l'emporteraient sur celles de la première partie de la commutation. Mais il faut bien remarquer que l'on ne peut parler d'effet de la saturation que si l'on compare les conditions de fonctionnement à la même vitesse. En particulier, dans un moteur, la réduction de l'excitation correspond généralement à un accroissement de vitesse, et c'est avant tout celui-ci qui est défavorable à la commutation.

» En résumé, l'effet de la saturation, en admettant même qu'il ait une influence bien sensible, nous paraît se prêter difficilement à une analyse quantitative. S'il devait être introduit dans la formule du critérium, ce serait par une modification de la limite à imposer à  $\varepsilon_r$ ; mais dans quelle proportion, c'est ce qu'il est, semble-t-il, impossible de préciser.

» Je me suis étendu assez longuement sur la discussion qui précède; car j'ai été arrêté longtemps par une partie de l'exposé de M. Mauduit; je ne voyais pas bien comment il passait de la notion de pleine self-inductance de la section, laquelle paraît intéresser tout le circuit magnétique, aux considérations sur lesquelles il a basé son critérium et qui ne font intervenir que la zone interpolaire. C'est en cherchant à éclaircir ce point que j'ai été conduit aux quelques idées que je viens de développer. Elles m'ont

paru intéressantes à signaler, parce qu'elles font intervenir, dans le cas le plus général, la notion simple d'un flux fixe coupé par des conducteurs, notion avec laquelle les ingénieurs sont familiarisés, alors que celle de self-inductance, très utile pour les développements théoriques, se prête, par contre, assez mal aux applications.

» *En résumé, le critérium de bonne commutation au calage neutre, formulé par M. Mauduit, a, pour les machines à pôles saillants sans enroulement de compensation ni pôles auxiliaires, un sens précis lorsqu'il s'applique à des cas où les flux pulsatoires longitudinaux sont étouffés. La manière même dont il est obtenu exclut toute influence possible de la saturation. Lorsque les flux pulsatoires longitudinaux ne sont pas étouffés, le critérium donne une indication dans le sens des actions qui influent sur la commutation mais ne paraît plus avoir aucune signification précise.*

## II. — FORMULE DU NOMBRE DE LAMES.

» Le critérium de bonne commutation peut être encore envisagé à un autre point de vue.

» En prenant plus spécialement pour objet l'établissement des conditions à remplir pour obtenir une bonne commutation dans une machine à construire, on peut transformer la formule, de manière à mettre en évidence des données spécifiques limitées par des considérations indépendantes de la commutation.

» Dans ce but, nous pouvons choisir un groupe de valeurs particulières de  $n$  et de  $I$  correspondant, par exemple, aux conditions de fonctionnement normales à pleine charge. Nous ferons correspondre à ces valeurs une valeur de  $\varepsilon_r$  choisie de manière que la machine soit encore dans des conditions convenables de commutation pour toutes les autres valeurs de  $n$  et de  $I$  comprises dans ses limites de fonctionnement normales, mais, sans qu'il en résulte exagération du nombre de lames,  $q$  doit être maintenant considéré comme le nombre minimum de lames dont sera muni le collecteur.

» Remarquons d'abord que la formule (4) ainsi interprétée peut être mise sous la forme

$$(5) \quad \frac{n}{60} 2 N_s \pi D l \cdot 10^{-8} \left( b_1 + \frac{\Pi}{\beta'} \right) k = \varepsilon_r.$$

» D'autre part, en désignant par :

$E$  la force électromotrice produite par la machine;

$\mathfrak{w}$  l'induction moyenne dans l'entrefer, déterminée en divisant le flux utile par la moyenne des sections de fer en regard dans l'angle polaire;

$\beta$  le rapport de l'arc polaire au pas polaire;

$\beta''$  le rapport du plein de la dent au pas de la denture,

on peut mettre la formule de la force électromotrice sous la forme

$$(6) \quad E = \frac{n}{60} 2 N_2 \pi D l \cdot 10^{-8} \frac{1}{2 m} \beta \frac{1 + \beta''}{2} q \mathfrak{w}.$$

» En éliminant les termes communs aux deux relations (5) et (6), nous arrivons à l'expression suivante du critérium :

$$(7) \quad \varepsilon_r = \frac{4}{\beta(1 + \beta'')} \left( b_1 + \frac{\Pi}{\beta'} \right) \frac{k}{\mathfrak{w}} \frac{m}{q} E.$$

» Si l'on remarque que  $\beta$  et  $\beta''$  sont caractéristiques d'une construction déterminée et ne s'écarteront jamais beaucoup d'une valeur moyenne que l'on pourra considérer comme fixe, on voit qu'on peut grouper les premiers termes de la formule dans une seule constante constructive

$$(8) \quad K = \frac{\beta(1 + \beta'')}{4} \left( b_1 + \frac{\Pi}{\beta'} \right) \frac{1}{\varepsilon_r}.$$

» Il ne reste plus, en dehors de cette constante  $K$  et de la tension de fonctionnement  $E$ , que des données particulières au spécimen considéré. En effet,  $k$  et  $\mathfrak{w}$  sont, pour la plus forte charge, limités par des conditions physiques, mais leur limite dépend des dimensions de la machine.

» La formule peut donc, finalement, être mise sous deux formes :

$$(9) \quad K = \frac{q}{m} \frac{\mathfrak{w}}{k} \frac{1}{E},$$

$$(10) \quad q = K \frac{mkE}{\mathfrak{w}}.$$

» Sous la première forme, on comparera différentes machines connues dans leurs conditions normales de fonctionnement sans étincelles. Chaque machine donnera une valeur pour  $K$ . On devra

constater que les valeurs ainsi trouvées ne s'écartent pas beaucoup d'une certaine valeur moyenne.

» Cette valeur moyenne étant ainsi fixée, la formule (10) permettra de prédéterminer le nombre de lames à mettre au collecteur d'une machine répondant à certaines données, les unes imposées directement par la spécification de la commande, les autres résultant de l'expérience générale du calculateur sur les nécessités physiques de la construction autres que celles dépendant de la commutation.

» Étant arrivé en 1905 à la formule (9) par des considérations dont il est inutile de parler, j'en avais fait l'application à un grand nombre de machines dont je connaissais les principales données. Cette application ne pouvait toutefois me fournir un résultat bien parfait, car il ne m'était pas possible de faire sur les différentes machines comparées d'essais systématiquement dirigés vers la reconnaissance des limites de bonne commutation. Je devais me contenter des données normales et de mes souvenirs sur la manière dont elles commutaient.

» Je suis ainsi arrivé à trouver pour  $K$  des valeurs variant de 10 à 25. Mais il faut remarquer que, faute d'essais systématiques, c'étaient surtout les faibles valeurs de  $K$  correspondant à une bonne commutation qui devaient s'approcher de la vérité, car il peut arriver qu'un constructeur mette plus de lames qu'il n'est strictement nécessaire, s'il y trouve avantage en réduisant le nombre de ses pièces de série. J'avais remarqué que si  $K$  s'abaissait notablement au-dessous de 10, la commutation devenait franchement mauvaise. J'avais constaté également que je trouvais des valeurs analogues de  $K$  pour des moteurs de  $\frac{1}{10}$  de cheval bi-polaires et pour des dynamos de 600 kilowatts à 8 pôles, ce qui paraissait une vérification intéressante du critérium. Mon impression résumée était que la bonne valeur de  $K$  devait être voisine de 12.

» Je signale en passant, que la machine  $R$ , étudiée par M. Mauduit et qui commute mal à pleine charge, donne, dans ces conditions,  $K = 7,5$ .

» Il serait intéressant de faire des essais systématiques pour déterminer cette valeur de  $K$  un peu mieux que je n'ai pu le faire. L'essai à effectuer est à la portée de tout ingénieur qui disposera

d'une machine dont il pourra mesurer les dimensions, à la condition qu'il connaisse en outre la spécification d'enroulement de l'induit.

» On observera seulement que chaque type de machine peut avoir une valeur de  $K$  qui lui convienne plus particulièrement, tout en s'appliquant à des spécimens de puissances très variées.

» Il faut toutefois remarquer que la formule qui donne le nombre de lames résulte d'une certain nombre d'hypothèses, parmi lesquelles se trouve celle d'une division suffisante de l'induit. Elle cesse donc d'être applicable pour des tensions très basses.

» Enfin, il est intéressant de constater que, dans les conditions où  $\frac{k}{105}$  pourrait être considéré comme fixe, c'est-à-dire pour des machines de dimensions analogues, les formules (9) et (10) nous ramènent à l'ancienne conception de la tension entre lames.

» Cette conception est toutefois améliorée par l'introduction de  $m$  qui lui donne un degré de précision qu'elle ne possédait pas autrefois. On se rendra bien compte de cette amélioration si l'on envisage un enroulement multipolaire ondulé série. La formule (9) fait immédiatement ressortir l'avantage de cet enroulement au point de vue de la réduction du nombre de lames au collecteur, par rapport à celui qui serait nécessaire pour un enroulement en quantité.

» *Détermination de  $b_1$ .* — Avant d'aller plus loin, il est utile d'établir une valeur grossièrement approchée de  $b_1$  qui permette de se rendre compte théoriquement de l'ordre de grandeur de la relation du coefficient  $K$  avec  $\epsilon_r$ .

» Nous y parviendrons en supposant que les lignes de force joignant, extérieurement à l'induit supposé développé, deux zones de commutation, ont la forme de demi-circonférences, et en neutralisant le tiers de leur longueur pour tenir compte de la partie qui traverse le fer inducteur. On trouve ainsi

$$b_1 = 1,2,$$

valeur qui, d'après les hypothèses faites, serait surtout applicable aux machines multipolaires.

» En prenant donc pour  $b_1$  la valeur 1,2 et en faisant  $\beta = \frac{2}{3}$ ;

$\beta'' = \frac{1}{2}$ , valeurs normales, on trouve

$$K = \frac{4,8}{\epsilon_r}.$$

» Si donc  $K$  doit bien réellement être compris entre 10 et 12, on voit que  $\epsilon_r$  doit être de l'ordre de 0,4 à 0,5 volts. C'est à un résultat de cet ordre de grandeur que M. Mauduit paraît être parvenu dans des expériences dont il a bien voulu me communiquer le résultat dans une Note qui a été insérée dans le *Bulletin de la Société Amicale des Ingénieurs de l'École supérieure d'Électricité*.

### III. — MACHINES A POLES DE COMMUTATION.

» Les considérations qui viennent d'être développées se trouvent sensiblement modifiées dans le cas où l'on fait usage de pôles de commutation. Les lignes de force du champ de l'induit se trouvent alors en présence d'une faible réluctance; il faut donc les supprimer totalement, ce qui ne peut se faire qu'en plaçant sur les pôles auxiliaires un nombre d'ampères-tours égal à celui de l'induit. Mais ceci fait, le champ étant annulé dans les encoches, les lignes de force du champ de dispersion vont prendre ici toute leur importance; et si l'on voulait faire fonctionner la machine dans ces conditions, il est probable qu'elle ne commuterait pas beaucoup mieux qu'avant l'adjonction des pôles. On peut chercher à établir dans ce cas la formule du critérium, en remarquant que  $\epsilon_r$  étant supposé nul par suite de la compensation des ampères-tours d'induit, il n'y aura à tenir compte que de  $\epsilon_r$ , c'est-à-dire d'une force électromotrice moyenne sans signification précise. On peut appliquer, dans ce cas, les calculs usuels de perméance des encoches pour la détermination de la force électromotrice  $\epsilon_r$ , ou, ce qui revient au même, de la valeur de  $K$  déduite de la relation (8); si l'on suppose que les deux sections dans la même encoche commutent à la fois, si l'on désigne par :

$\varpi$  la perméance d'une encoche par centimètre de longueur d'induit;  
 $\varpi_2$  la perméance de la partie du circuit de dispersion de la section en commutation qui est extérieure au fer;  
 la valeur de  $\Pi$  est  $2\varpi + \varpi_2$ .

» En admettant que les lignes de force passent dans le fer sous l'encoche et reviennent en la traversant, et que la force magnétomotrice due aux deux sections se répartisse sur toute la hauteur de l'encoche, on trouve, en désignant par  $x$  et  $y$  la hauteur et la largeur de l'encoche

$$\varpi = 0,32 \frac{x}{y} \quad (1).$$

» Pour  $\frac{x}{y} = 3$ , on aurait  $\varpi = 0,96$ .

» En négligeant  $\varpi_2$ , en donnant à  $\beta$  et  $\beta''$  les mêmes valeurs que plus haut, enfin en faisant  $\epsilon_r = 0,04$ ;  $\beta' = 2$ , on trouve

$$K = 9,6;$$

pour  $\beta' = 3$ , on a

$$K = 6,4,$$

alors que, s'il n'y avait pas de pôles de commutation, on aurait, comme nous l'avons vu,

$$K = 12.$$

» On voit donc bien, si l'on peut admettre la validité du critérium dans ces conditions, que des pôles de commutation avec ampères-tours insuffisants ne peuvent pas améliorer sensiblement une machine médiocre.

» Il faudra, en réalité, mettre sur les pôles auxiliaires un nombre d'ampères-tours dépassant ceux de l'induit suffisamment pour créer un champ capable de produire par déplacement des conducteurs de la section en commutation, une force électromotrice au moins égale à  $\epsilon_r$ .

» Ce nombre d'ampères-tours pourra être assez grand, car les fuites dans le circuit magnétique des pôles de commutation sont nécessairement très importantes par suite de l'opposition directe des forces magnétomotrices (2).

(1) Par suite d'une faute de calcul, je suis arrivé, dans ma Note du *Bulletin de la Société Amicale des Ingénieurs de l'École supérieure d'Électricité*, à une valeur de  $\varpi$  plus de deux fois plus élevée et dont j'ai déduit des conséquences exagérées. C'est cette exagération même qui m'a fait reconnaître après coup mon erreur.

(2) On trouvera un exposé très clair de cette question des flux dans la zone de commutation de la dynamo à pôles auxiliaires, à la page 62 de la Thèse de M. MAUDUIT, *Contribution expérimentale et théorique à l'étude de la commutation dans les dynamos à courant continu*.



#### IV. — INDUCTEUR SANS POLES SAILLANTS.

» Il est également intéressant de voir ce que deviennent les considérations qui précèdent dans le cas d'un inducteur sans pôles saillants. La réluctance offerte aux lignes de force du champ de de l'induit dans la zone de commutation étant beaucoup plus faible que dans le cas des pôles saillants, la force électromotrice  $\epsilon_\gamma$  prend, dans ce cas, une importance considérable. Ces machines ne peuvent donc fonctionner qu'avec un enroulement de compensation auquel on pourra appliquer les mêmes considérations qu'à l'enroulement des pôles auxiliaires de la machine à pôles saillants, c'est-à-dire qu'il sera nécessaire de joindre à l'enroulement réparti qui donnerait la compensation exacte du champ de l'induit et annulerait par suite  $\epsilon_\gamma$ , un enroulement spécial à la zone de commutation et destiné à annuler  $\epsilon_\gamma$ .

#### V. — COMMUTATRICES.

» Les considérations que nous avons développées pour le cas des pôles auxiliaires s'appliquent à celui des commutatrices. En effet, si l'on fait abstraction de l'effet local produit par la différence variable entre le courant continu et le courant alternatif et qui doit être presque complètement amorti <sup>(1)</sup>, le champ d'induit d'une commutatrice est pratiquement nul et l'on se trouve dans le cas de la dynamo exactement compensée.

» La formule (10) est toujours valable, à la condition d'y considérer  $k$  comme relatif à l'induit parcouru seulement par le courant continu, avec une valeur de  $K$  correspondant à la détermination que nous en avons faite à propos des pôles de commutation, c'est-à-dire sensiblement inférieure à celle qui est valable pour les dynamos. J'ai pu vérifier l'exactitude de cette considération sur quelques exemples concrets relatifs à des commutatrices sans pôles auxiliaires. On voit immédiatement pourquoi il faut beaucoup

---

(1) M. Picou a signalé, dans sa Communication de novembre 1913, la nécessité de cet amortissement. On pourra constater pratiquement son effet en tâtant la corne polaire d'une commutatrice triphasée à pôles pleins en fonctionnement.

moins d'ampères-tours sur les pôles auxiliaires d'une commutatrice que sur ceux d'une génératrice de même puissance.

» Les considérations simples sur lesquelles a été établie la formule du critérium de bonne commutation permettent donc de justifier bien des résultats pratiques. Nous donnerons encore un exemple d'application de la formule pour faire ressortir sa valeur didactique. On sait que les difficultés de construction des commutatrices croissent avec la fréquence. On peut caractériser ces difficultés très simplement de la manière suivante :

» En appliquant la formule (10) à la commutatrice à induit multipolaire en quantité, elle prend la forme

$$(11) \quad q = K \frac{k}{\omega_b} p E.$$

» La distance entre axes des deux lames voisines du collecteur est limitée pratiquement à une valeur minima  $l_1$ . Le diamètre a donc une valeur minima  $D_1$  telle que

$$(12) \quad \pi D_1 = q l_1.$$

» D'autre part, la vitesse périphérique du collecteur ne doit pas dépasser une valeur limite  $v_1$ .

» Or,  $f$  étant la fréquence, on a

$$(13) \quad v_1 = \pi D_1 \frac{f}{p}.$$

» Éliminant  $q$  et  $D$  entre les trois relations qui précèdent, on trouve

$$(14) \quad Ef = \frac{v_1 \omega_b}{K l_1 k};$$

relation qui, d'après le sens donné à  $v_1$  et à  $l_1$ , exprime que le produit  $Ef$  doit rester inférieur à une certaine limite. Les difficultés de construction croissent donc en même temps que la tension et la fréquence. On les surmontera en diminuant  $k$  et en augmentant  $\omega_b$ , c'est-à-dire en élevant les frais de construction. L'introduction du rapport  $\frac{k}{\omega_b}$  dans la formule donnant le nombre de lames, permet donc de remonter très simplement à la cause de faits d'expérience bien connus. Des considérations étrangères à la commutation

conduisent à adopter pour  $k$  des valeurs plus faibles pour les petites machines que pour les grandes, ce qui a pu faire croire qu'à tension et fréquence données, les difficultés techniques de la commutation croissaient avec la puissance, alors qu'il s'agit en réalité d'une question économique.

» On voit quelle est la nature des applications que peut recevoir la formule du critérium de bonne commutation mise sous la forme simplifiée dont il vient d'être question. A ce point de vue, on peut la considérer comme un memorandum de la commutation à l'usage des praticiens, destiné à leur permettre de distinguer, dans chaque cas d'espèce, si leurs investigations doivent être poursuivies dans l'ordre des conditions extérieures de fonctionnement des balais et des collecteurs, ou bien si la machine paraît présenter *a priori* une insuffisance constitutionnelle.

» *Enfin, on résumera tout ce qui précède en remarquant qu'il y a, non pas un seul critérium, mais plusieurs, correspondant à différents cas, suivant que la réaction d'induit est ou non compensée. Cette distinction une fois faite, il semble facile de mettre les chiffres théoriques d'accord avec l'expérience.*

## VI. — COMMUTATION EN RÉGIME VARIABLE.

» Tout ce qui a été dit ici il y a un an et tout ce qui précède, se rapporte à la commutation en régime établi. Mais une étude sur la commutation ne peut être complète que si elle comporte également l'examen des conditions du régime variable. Je n'ai pas l'intention de traiter ce soir à fond ce sujet. Je veux seulement attirer l'attention sur certains points de vue qu'il renferme et qui me paraissent devoir être l'occasion de recherches intéressantes. L'ingénieur électricien n'est pas maître de limiter à sa guise les variations de charge qui se produisent, en particulier dans les différentes applications de l'électricité à la force motrice. C'est la nature même de ces applications qui définit la variation de charge à prévoir. Dans certains cas même, où l'application envisagée n'impose pas en elle-même la variation brusque, celle-ci se trouve résulter de considérations pratiques inhérentes à l'installation électrique elle-même. Il en est ainsi, en particulier, quand on

doit réaliser le démarrage automatique de moteurs en charge, surtout s'il faut faire entrer en ligne de compte la complication qui résulte de variations importantes de la tension d'alimentation.

» En effet, si l'on met à part le cas des moteurs de très grande puissance comme ceux des machines d'extraction ou de laminaires, la méthode généralement employée aujourd'hui pour le démarrage automatique consiste à faire varier par crans la résistance de démarrage au moyen de contacteurs.

» Dans certaines applications telles que la traction électrique où les valeurs de l'accélération et de sa dérivée doivent être maintenues entre certaines limites, le nombre des crans est imposé par les conditions mêmes du problème à résoudre. Mais, dans beaucoup de cas, on aurait le plus grand intérêt à réduire le nombre de contacteurs, appareils relativement coûteux et d'un entretien délicat. C'est alors, si l'on emploie des moteurs à courant continu, qu'intervient la considération de variation brusque de charge et au besoin de surcharge.

» Si, dans un moteur sans compensation ni pôles de commutation il se produit une variation brusque de courant, cette variation induit dans les sections en court circuit, malgré leur position défavorable à l'induction mutuelle, des courants qui peuvent être assez intenses pour provoquer l'amorçage aux balais d'un arc, d'un « flash », suivant l'expression consacrée pour ce genre d'incident. Même en dehors de cette conséquence extrême, la variation brusque a, en général, pour effet de produire un encrassement rapide des collecteurs des moteurs soumis à des démarrages fréquents.

» Dans les machines pourvues de pôles de commutation, ceux-ci, en compensant le flux de l'induit pour les sections en court circuit, devraient empêcher la production d'une force électromotrice dangereuse dans ces sections.

» On peut toutefois se demander si, même dans ces conditions favorables, les variations brusques d'intensité ne peuvent pas avoir pour effet de modifier la répartition du courant dans les lames et les balais, et de provoquer ainsi l'apparition des étincelles par une élévation locale de la densité de courant. On ne peut songer à soumettre un tel problème à un calcul rigoureux, mais il est possible de vérifier, comme nous allons le faire, en prenant un

exemple simple, que les conditions pour qu'un effet pelliculaire soit sensible, peuvent se trouver réalisées pratiquement.

» Nous nous placerons seulement dans le cas d'un conducteur rectiligne indéfini, constitué par un cylindre de révolution. Si nous coupons ce cylindre par un plan diamétral, le flux embrassé par les filets de courant contenus dans ce plan varie de la périphérie au centre, de la même manière pour tous les plans diamétraux,

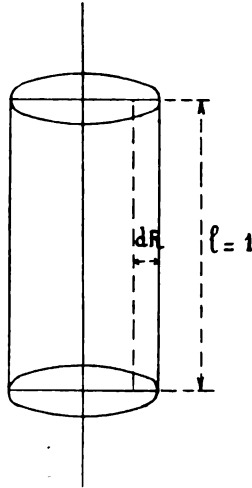


Fig. 6.

si nous supposons le conducteur suffisamment éloigné des conducteurs voisins.

» Soient (*fig. 6*) :

$R_0$  le rayon extérieur du conducteur;

$\rho$  la résistivité de la matière constituant le conducteur;

$I_R$  l'intensité du courant contenu à l'intérieur du cylindre de rayon  $R$ ;

$\delta$  la densité de courant qui, d'après l'hypothèse faite plus haut, est la même en tous les points de la surface cylindrique de rayon  $R$ .

» Le champ à la surface de ce cylindre a pour valeur  $\frac{2I_R}{R}$ .

» La variation de la force électromotrice induite dans l'épaisseur  $dR$  et pour la longueur  $l = 1$  est

$$- \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{2I_R}{R} dR \right) = - \frac{2}{R} \frac{\partial I_R}{\partial t} dR.$$

» Cette variation doit être compensée par une variation de la densité de courant correspondant à une variation de la chute de tension ohmique

$$\frac{\partial}{\partial R}(\rho \delta) dR = \rho \frac{\partial \delta}{\partial R} dR.$$

» On a donc

$$(15) \quad \rho \frac{\partial \delta}{\partial R} = \frac{2}{R} \frac{\partial I_R}{\partial t}.$$

» Or,

$$I_R = \int_0^R 2\pi R \delta dR;$$

donc

$$\frac{\partial I_R}{\partial t} = 2\pi \int_0^R \frac{\partial \delta}{\partial t} R dR$$

ou, en différenciant par rapport à  $R$ ,

$$\frac{\partial}{\partial R} \frac{\partial I_R}{\partial t} = 2\pi \frac{\partial \delta}{\partial t} R.$$

» On déduit donc de la relation (15)

$$\frac{\rho}{2} \frac{\partial}{\partial R} \left( R \frac{\partial \delta}{\partial R} \right) = 2\pi \frac{\partial \delta}{\partial t} R$$

ou

$$(16) \quad \frac{4\pi}{\rho} \frac{\partial \delta}{\partial t} = \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left( R \frac{\partial \delta}{\partial R} \right).$$

» Cette équation aux différences partielles ne peut être résolue que par des développements en série auxquels il est inutile de s'attarder, car nous avons seulement besoin de nous former une opinion sur l'ordre de grandeur des phénomènes.

» Nous nous contenterons d'une approximation, consistant à prendre pour  $\delta$  une valeur moyenne dans son gradient par rapport à  $t$  et à n'envisager que le cas où ce gradient est constant.

» Le premier membre de la relation (16) devient ainsi constant. Représentons-le par  $K$ . Si nous remarquons en outre que  $\frac{\partial \delta}{\partial R}$  ne peut pas être infini pour  $R = 0$ , la solution approchée de la relation (16) est de la forme

$$(17) \quad \delta = \frac{K}{4} R^2 + K'.$$

» De cette relation on déduit

$$I_R = \int_0^R 2\pi R \left( \frac{K}{4} R^2 + K' \right) dR = \frac{K}{8} \pi R^4 + \pi K' R^2.$$

» En désignant par  $\delta_{\text{moy.}}$  la densité moyenne de courant dans le conducteur, on a

$$\delta_{\text{moy.}} = \frac{I_{R_0}}{\pi R_0^2} = \frac{K}{8} R_0^2 + K'.$$

» D'où la valeur de  $K'$  qui, portée dans la relation (17), donne finalement

$$(18) \quad \delta = \frac{K}{4} R^2 + \delta_{\text{moy.}} - \frac{K}{8} R_0^2.$$

» Ce qui nous intéresse, c'est le rapport  $\frac{\delta_{\text{max.}}}{\delta_{\text{moy.}}}$ ;  $\delta_{\text{max.}}$  étant la densité maxima que l'on trouve à la surface du conducteur et qui, d'après la relation (18), a pour valeur

$$\delta_{\text{max.}} = \frac{K}{8} R_0^2 + \delta_{\text{moy.}} = \frac{\pi}{2\rho} \frac{\partial \delta_{\text{moy.}}}{\partial t} R_0^2 + \delta_{\text{moy.}}$$

» D'autre part, ce que nous pouvons connaître c'est le rapport

$$\varphi = \frac{\frac{dI_{R_0}}{dt}}{I_{R_0}} = \frac{\frac{\partial \delta_{\text{moy.}}}{\partial t}}{\delta_{\text{moy.}}}$$

qui représente la vitesse de variation relative de l'intensité.

» Nous pouvons donc écrire

$$(19) \quad \frac{\delta_{\text{max.}}}{\delta_{\text{moy.}}} = \frac{\pi}{2\rho} R_0^2 \varphi + 1.$$

» Nous allons maintenant chercher quel est l'ordre de grandeur de  $\varphi$  pour une variation brusque de charge sur une dynamo.

» Si nous considérons le circuit d'une dynamo comme comportant une résistance  $R$  et une self-inductance  $\mathcal{L}$ , lors d'une variation brusque, la valeur initiale de  $\frac{dI}{dt}$ , qui est en même temps la valeur maxima, est  $\frac{E}{\mathcal{L}}$ ,  $E$  étant la différence de potentiel aux bornes.

» On a donc, en appelant  $I$  le courant dans l'induit,

$$\varphi = \frac{E}{\mathcal{L}I}.$$

» Si nous supposons  $R$  négligeable, nous avons, en adoptant les mêmes notations que plus haut, en appelant  $N$  le nombre de conducteurs périphériques et en écrivant  $E$  en C.G.S.,  $n$  en tours par seconde :

$$E = \frac{p}{m} n N \text{ flux de l'inducteur.}$$

» D'autre part,  $\mathcal{L} I$  est le flux de l'induit à travers l'induit; une étude, dont nous ne pouvons donner ici le détail, montre que l'on a approximativement :

$$\mathcal{L} I = \frac{2p}{3m} \frac{N\beta}{4\rho} \text{ flux de l'induit.}$$

» Donc

$$\varphi = \frac{6pn}{\beta} \frac{\text{flux de l'inducteur}}{\text{flux de l'induit}}.$$

$pn$  est la fréquence cyclique d'aimantation qui peut être de l'ordre de 25. Le rapport du flux de l'inducteur au flux de l'induit est au moins égal à deux en général, cette valeur correspondant à un commencement de renversement du champ sous la corne polaire.

» Si l'on prend  $\beta = \frac{2}{3}$ , on trouve ainsi que  $\varphi$  serait au moins égal à 450.

» Pour un conducteur de 2 cm de diamètre, on aurait

$$\frac{\hat{\varphi}_{\max.}}{\hat{\varphi}_{\text{moy.}}} = 1 + \frac{2800}{\rho}.$$

» Si le conducteur est en charbon de balai :

$$\rho = 6 \times 10^6, \\ \frac{\hat{\varphi}_{\max.}}{\hat{\varphi}_{\text{moy.}}} = 1,00045.$$

» Si le conducteur est en cuivre

$$\rho = 1,6 \times 10^3, \\ \frac{\hat{\varphi}_{\max.}}{\hat{\varphi}_{\text{moy.}}} = 1,175,$$

» On voit donc que l'on peut mettre complètement de côté l'effet Kelvin dans les balais de charbon; il n'est pas insensible au contraire dans le cuivre; toutefois, on pourrait le négliger dans



l'hypothèse envisagée que les variations du flux de l'induit ne subissent aucun amortissement.

» Mais, dans bien des cas, soit par suite de l'emploi de pôles pleins, de carcasses métalliques pour les bobines inductrices et enfin tout particulièrement quand les pôles sont munis de circuits amortisseurs, le flux de l'induit peut être presque complètement étouffé, et l'ordre de grandeur de  $\varphi$  peut ainsi se trouver profondément modifié, la vitesse de variation de l'intensité n'étant plus limitée que par la self-inductance de fuites de l'induit et du circuit étouffeur.

» Nous pouvons, dans ces différents cas, considérer le circuit comme répondant au schéma suivant (fig. 7) : la self-inductance  $\mathcal{L}$

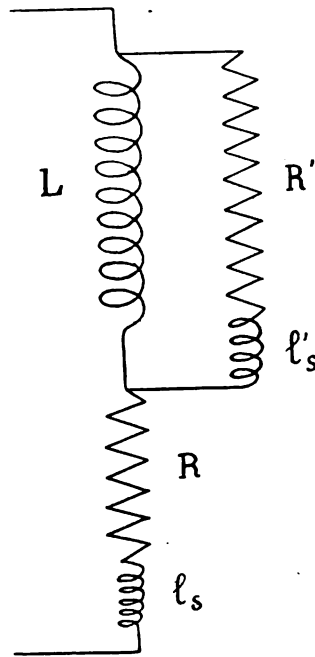


Fig. 7.

de l'induit est shuntée par la résistance fictive  $R'$  et la self-inductance fictive  $l'_s$  du circuit de fuites du circuit amortisseur. L'ensemble est mis en série avec la résistance  $R$  et la self-inductance  $l_s$  du circuit de fuites de l'induit.

»  $l'_s$  étant très faible par rapport à  $\mathcal{L}$ ,  $\varphi$  a sensiblement pour

valeur

$$\frac{E - (R + R')I}{(l_s + l_s')I}.$$

» Si l'étouffement est énergétique, comme en général  $l_s$  est faible, on peut réduire cette expression à  $\frac{E}{l_s' I}$ .

»  $l_s$  peut être calculé assez simplement dans le cas d'une machine à pôles saillants, où l'on peut admettre que la partie du flux de l'induit non étouffée soit celle qui passe dans l'interpôle. En admettant, en outre, que l'induction dans l'air à la surface de l'induit soit constante dans toute cette région et égale à la valeur  $b_1 k$  que nous avons calculée, on arrive ainsi à l'expression suivante de  $l_s I$

$$l_s I = \frac{p}{m} \frac{N}{p} \left( \frac{\beta}{2} + \frac{1-\beta}{4} \right) \times \text{flux non étouffé},$$

de telle sorte que la valeur de  $\varphi$  se trouve accrue dans le rapport

$$\frac{l_s' I}{l_s I} = \frac{2}{12} \frac{\beta}{\frac{\beta}{2} + \frac{1-\beta}{4}} \times \frac{\text{flux total de l'induit}}{\text{flux non étouffé}}.$$

» En supposant  $\beta = \frac{2}{3}$ ;  $b_1 = 1,2$ ;  $k = 300$ ;  $B = 10000$  et en admettant encore que le champ d'induit soit tel qu'il y ait un commencement de renversement à la corne polaire, on trouve que ce rapport est égal à 8.

» Alors on a

$$\frac{\delta_{\max.}}{\delta_{\text{moy.}}} = 2,4.$$

» Si nous observons, en outre, que la simplification que nous avons faite dans le calcul de l'effet Kelvin, conduit à un résultat approché par défaut, nous voyons que la répartition inégale de la densité de courant, dans les lames du collecteur, peut être d'un ordre tel qu'elle ait une influence sensible sur la commutation.

» Cet effet pourrait expliquer l'influence défavorable des carcasses métalliques de bobines observée par certains constructeurs pour les machines soumises à des variations brusques; il est peut être également la cause du cri aigu et bref que poussent certaines commutatrices au moment du couplage.

» Je ne veux pas pousser plus loin aujourd'hui l'examen de ces questions; j'ai voulu surtout attirer l'attention sur l'intérêt pratique qu'elles peuvent présenter.

» Nous n'avons, à l'heure actuelle, aucun critérium certain pour fixer la limite d'utilisation en surcharge d'une machine à courant continu. Le constructeur nous garantira bien, pour l'essai, une surcharge de 100 ou 150 pour 100. Il nous en montrera même davantage sur sa plate-forme. Mais nous ignorons combien de fois nous pouvons utiliser cette surcharge sans faire inspecter la machine et nettoyer le collecteur. S'il s'agit d'un moteur, nous ne savons même pas prédéterminer la pointe d'intensité dans des conditions extérieures définies, et nous n'avons pas d'appareil courant susceptible de nous la faire connaître avec exactitude.

» Il semble que quelques essais systématiques dans cet ordre d'idées ne seraient pas inutiles. On a appliqué l'oscillographe aux courants alternatifs en régime établi et en régime variable. M. Mauduit nous a montré comment il avait su s'en servir pour l'étude de la commutation en régime établi. Je crois qu'il serait intéressant de l'appliquer à la dynamo à courant continu en régime variable. Il y a là un beau sujet de Bourse Hughes, par exemple. Je ne crois même pas qu'on puisse objecter que ce sujet soit trop vaste ou mal défini. Depuis que le Laboratoire central a osé s'attaquer à des recherches sur des isolants aussi imprécis que des toiles, et parvenir néanmoins à des résultats cohérents, ainsi que M. Bureau vous l'a rapporté, il ne semble pas qu'il y ait lieu de s'effrayer de recherches sur un sujet dont la difficulté vient surtout de l'insuffisance de l'outil mathématique mis à notre disposition pour l'aborder dans toute sa complexité.

#### NOTE ANNEXE.

##### **Déplacement du champ d'induit dans le cas de la commutation linéaire.**

» La force magnétomotrice totale produite par l'induit s'obtient en composant vectoriellement les forces magnétomotrices de chacune des sections. Ces forces magnétomotrices étant proportionnelles au champ, au centre de chaque bobine, nous raisonnerons sur ce champ pour simplifier le langage.

» Dans ces conditions, nous pouvons considérer le champ d'induit de la dynamo à courant continu en charge comme résultant de la composition des champs produits, d'une part, par l'ensemble des bobines non en commutation et, d'autre part, par les bobines en court circuit.

» Si le courant est parfaitement continu, le premier de ces champs est constant et se déplace avec l'induit; le second varie pendant le court circuit et suit également le mouvement de l'induit; pour que le champ résultant reste fixe et constant, il faut que le champ des bobines en commutation varie suivant une loi particulière que nous allons chercher à déterminer.

» Supposons, pour simplifier le langage, la machine bipolaire, les raisonnements pouvant être facilement étendus à une machine multipolaire.

» Admettons d'abord que l'enroulement soit à pas diamétral et que le balai ait exactement la largeur d'une lame.

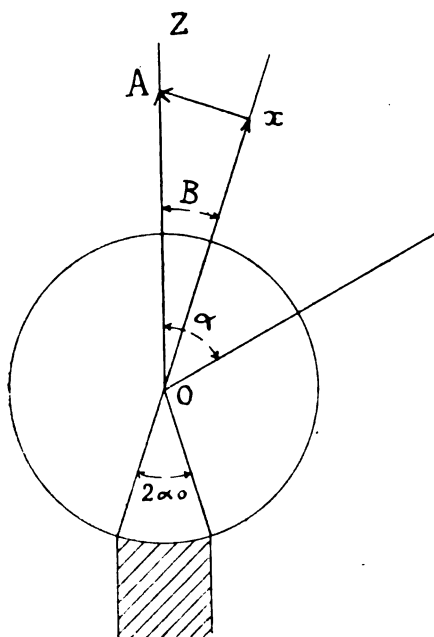


Fig. 8.

» Soit  $Ox$  (fig. 8) le champ dû aux sections non en commutation. Sa direction coïncide avec le plan moyen de la section en commu-

tation, et son oscillation autour de la ligne moyenne des balais Oz a une amplitude égale à l'angle sous-tendu par le balai.

»  $\beta$  étant l'angle du plan de la section en commutation avec la ligne moyenne des balais, pour que le champ total de l'induit  $\mathcal{H} = OA$  ait une direction fixe coïncidant avec la ligne moyenne des balais, il faut que le champ  $h_1$  de la section en commutation ait pour valeur :

$$x A = O x \tan \beta.$$

» Si le nombre de lames est grand, on peut écrire sans erreur sensible

$$x A = O x \times \beta.$$

» Supposant la division poussée à l'extrême, nous pouvons considérer le champ total comme différent infiniment peu de celui des sections non en commutation et confondre ces deux champs. Dans la même hypothèse, le champ total sera la résultante géométrique de champs infiniment petits, proportionnels à l'angle sous-tendu par le groupe de conducteurs périphériques supposés infiniment petits qui les produisent.

»  $\alpha$  étant la distance angulaire d'un groupe de conducteurs à la ligne des balais, le champ produit par les conducteurs contenus dans l'angle  $d\alpha$  a pour valeur

$$dh = k d\alpha,$$

$k$  étant proportionnel à l'intensité du courant d'induit.

» Le champ total  $\mathcal{H}$  a donc pour valeur

$$\mathcal{H} = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} k \cos \alpha d\alpha = 2k.$$

» Si l'on désigne par  $2\alpha_0$  l'angle sous-tendu par le balai et dans l'hypothèse faite par une lame, le champ  $h_1$  de la section en commutation varie linéairement de  $-2k\alpha_0$  à  $+2k\alpha_0$ . Il a donc pour valeur

$$h_1 = 2k\beta = \mathcal{H}\beta;$$

Ox ne différant qu'infiniment peu de  $\mathcal{H}$ , on voit que la condition pour que le champ d'induit reste fixe est bien réalisée.

» Examinons maintenant le cas où le balai couvre plus d'une lame sans modifier les autres hypothèses <sup>(1)</sup>.

» Supposons par exemple que le balai couvre plus d'une lame et moins de deux. Il y aura alternativement une ou deux sections en commutation. Soit  $2\alpha_1$ , l'angle sous-tendu par une lame. La situation se retrouve la même à chaque fois que le collecteur a avancé d'une lame, Le temps pendant lequel deux sections sont en commutation correspond à une rotation de  $2(\alpha_0 - \alpha_1)$ ; le temps pendant lequel une seule section est en commutation à un angle

$$2\alpha_1 - 2(\alpha_0 - \alpha_1) = 2(2\alpha_1 - \alpha_0).$$

» La figure 9 montre, dans la partie supérieure, les directions du champ produit par les sections en commutation, au moment où une lame pénètre sous le balai ou en sort.

» Au-dessous sont figurées :

» 1<sup>o</sup> En ordonnées la variation du courant dans la section *b*, rapportée à la position de l'axe de la lame B figurée en abscisse;

» 2<sup>o</sup> En ordonnées les valeurs des champs :

» DE, champ pendant la période où une seule section est en commutation;

» FG, champ pendant la période où deux sections sont en commutation, résultant de l'addition des champs produits par la section *b* et par la section *c*.

» Cette addition, faite graphiquement sur la figure, nécessite une explication. Il faut penser, en effet, à l'hypothèse faite sur le nombre très grand de sections et d'après laquelle les positions des champs distinguées sur la figure doivent être confondues, quant aux résultats à en déduire; ce qui légitime le procédé consistant à reporter en LM les valeurs du courant dans la section *c* correspondant, dans le temps, aux valeurs du courant, dans la section *b*, et à additionner algébriquement les ordonnées correspondantes pour en déduire les valeurs du champ résultant. Ajoutons que, pour simplifier encore l'étude graphique, l'échelle des champs et des courants a été choisie de manière que le champ

---

(1) Le cas où le balai couvre moins d'une lame donnerait lieu à une étude du même genre. Nous ne l'examinons pas, en raison de son peu d'intérêt pratique.

d'une section et le courant qui le produit soient représentés par la même ordonnée.

» Enfin HK représente la valeur que devrait avoir le champ des sections en commutation pour que le champ total reste fixe,

» On déduit très facilement de cette figure la figure inférieure

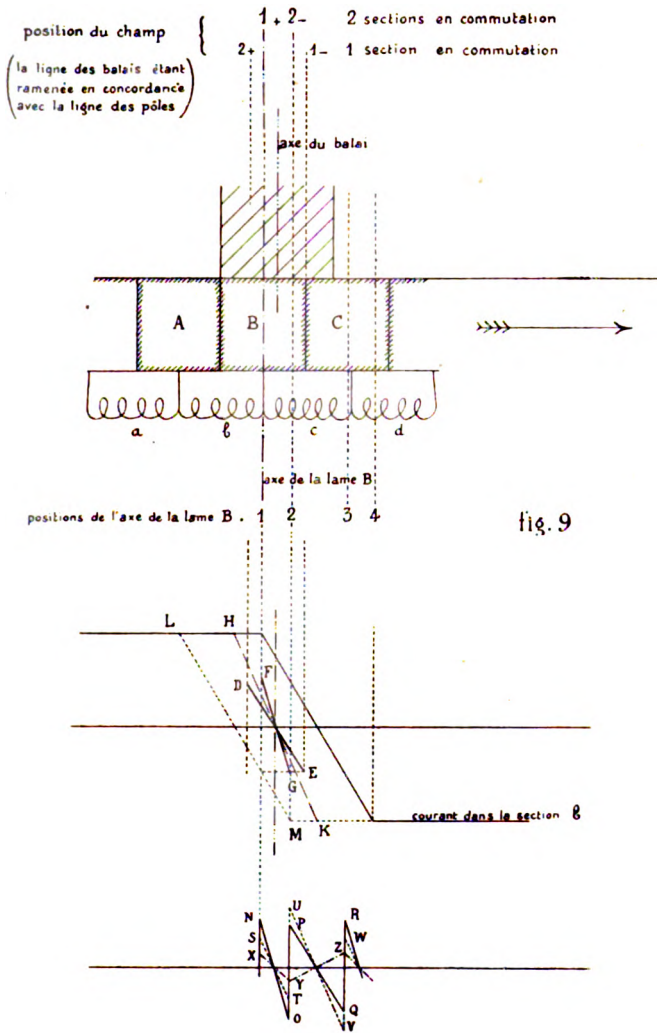


Fig. 9.

qui représente en NOPQR la variation dans le temps du champ réel des sections en commutation et en STUVW la variation dans le temps du champ qui donnerait le champ fixe. XYZ représente

enfin l'écart entre les deux champs précédents et donne, par suite, la mesure du balancement du champ total. Ces résultats se traduisent mathématiquement de la manière suivante.

» Pendant la période où une seule section est en commutation, le champ est donné par la formule

$$h_1 = \beta \mathcal{H} \frac{\alpha_1}{\alpha_0}.$$

» L'écart par rapport au champ donnant la fixité a pour valeur

$$\beta \mathcal{H} \left( 1 - \frac{\alpha_1}{\alpha_0} \right)$$

et correspond à un écart angulaire  $\beta \left( 1 - \frac{\alpha_1}{\alpha_0} \right)$ .

» La valeur maxima de  $\beta$  est  $2 \alpha_1 - \alpha_0$ .

» De telle sorte que la valeur maxima de l'écart angulaire est

$$(2 \alpha_1 - \alpha_0) \left( 1 - \frac{\alpha_1}{\alpha_0} \right) = \frac{\alpha_1^2}{\alpha_0} \left( \frac{\alpha_0}{\alpha_1} - 1 \right) \left( 2 - \frac{\alpha_0}{\alpha_1} \right) = \frac{\alpha_1}{\beta'} (\beta' - 1) (2 - \beta'),$$

$\beta'$  étant le nombre de lames couvertes par un balai.

» Le maximum de cette quantité a lieu pour

$$\beta' = \sqrt{2}$$

et a pour valeur

$$(3 - 2\sqrt{2})\alpha_1 = 0,172\alpha_1.$$

» Cet écart angulaire est assez faible, mais son existence montre que la fixité du champ d'induit peut n'être, même dans les meilleures conditions, qu'une approximation.

» Lorsque le balai couvre un nombre entier de lames, la condition pour que le champ reste fixe se trouve réalisée.

» Les considérations qui précèdent ne peuvent être étendues au cas de l'enroulement d'induit à pas raccourci. Ainsi que l'a rappelé M. Mauduit, le champ de l'induit peut être, dans ce cas, considéré comme produit par les ampères-tours compris dans un angle égal à celui embrassé par une section ayant sa bissectrice dans la ligne des pôles (*fig. 10*).

» Le champ total a, par suite, pour valeur

$$\mathcal{H} = 2k \sin \gamma.$$



Mais les champs des sections en commutation ont la même valeur et la même direction que dans le cas du pas diamétral.

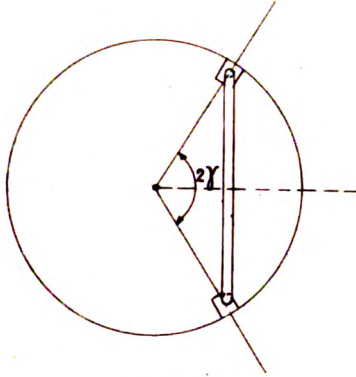


Fig. 10.

» On voit donc que, même dans les cas où la condition de fixité du champ d'induit est réalisée avec le pas diamétral, elle ne l'est pas exactement avec le pas raccourci.

» Nous devons encore tenir compte de l'hypothèse restrictive faite au début de cette Note, et relative au très grand nombre de lames; cette hypothèse introduit une approximation, même dans

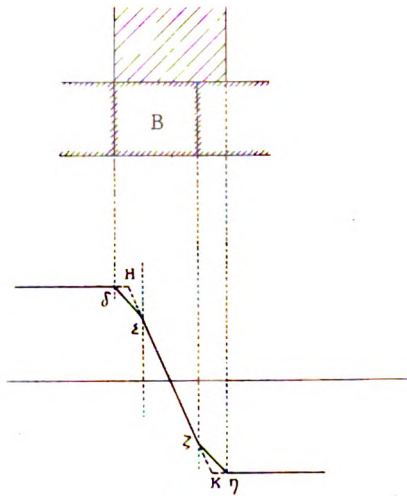


Fig. 11.

les cas où nous pouvons considérer le champ comme rigoureusement fixe.

» Nous avons fait également une hypothèse implicite en négli-

geant l'épaisseur de l'isolant entre lames. Comme cette épaisseur n'est pas nulle, on voit que, dans les cas où la commutation serait linéaire d'après ce qui précède, il faudrait supposer qu'elle commence alors même que la section n'est pas encore en court circuit et se termine après la fin du court circuit. C'est donc en réalité une approximation de plus que nous avons introduite.

» Enfin, nous pouvons rechercher quelle serait la loi de variation du courant de section qui rendrait le champ fixe dans les cas où le balai ne couvre pas un nombre entier de lames.

» Nous reproduisons (*fig. 11*), la partie de la figure 9 qui nous permet de faire cette détermination. La loi cherchée est figurée en  $\partial\epsilon\zeta\eta$ . On voit qu'elle s'écarte de la loi linéaire dans un sens opposé à celui dans lequel agit en particulier la résistance ohmique de la section. A la fin de la commutation, le self-inductance agit également en sens inverse de celui qui est indiqué par cette loi de variation. »

**RAPPEL D'UNE THÉORIE GÉNÉRALE DE LA COMMUTATION ;  
QUELQUES-UNES DE SES CONSÉQUENCES.**

**I. — THÉORIE GÉNÉRALE.**

M. GRATZMULLER. — « A la séance de janvier 1903, dans la discussion qui a suivi une Communication de M. Bourguignon, j'ai eu l'occasion de signaler que la résistance de contact n'était pas inversement proportionnelle à la surface de contact.

» C'était en connaissance de cause, car j'avais déjà effectué à la Thomson-Houston les essais publiés en mars 1913 dans la *Lumière électrique*, grâce à l'autorisation de M. Thurnauer, et je signalais l'analogie frappante de ces résistances avec celle des arcs électriques.

» Il en résulte l'impossibilité d'envisager dans le calcul la résistance de contact d'une surface infiniment petite. Cela pour deux raisons : 1<sup>o</sup> parce qu'elle varie d'une façon considérable avec l'intensité du courant à travers cette surface ; 2<sup>o</sup> parce que le courant choisit à chaque instant à travers la surface totale de contact des chemins qu'on ne peut prévoir.

» Cette considération, jointe à bien d'autres que je ne vous rappellerai pas et pour lesquelles vous pourrez vous reporter à ma Communication de janvier 1913, m'a conduit depuis longtemps à proclamer la vanité complète de l'équation différentielle de la commutation et à l'exposer devant vous en janvier 1913.

» A la vérité, le travail fondamental de M. Girault sur l'équation différentielle était parfaitement logique et rigoureusement scientifique avec les hypothèses en cours à l'époque où elle fut établie.

» Le problème de la substitution des sections aux balais n'est autre que celui du changement du nombre de spires au secondaire d'un transformateur ou de la commutation aux touches d'un régulateur de tension d'accumulateurs.

» Nous espérons donc que la commutation qui n'est qu'un phénomène très simple, en tant que théorie, sera débarrassée prochaine-

ment de toute cette littérature artificielle comportant des commutations linéaires, des densités infinies, etc.

» D'ailleurs, les auteurs constamment, d'un mot involontaire, réduisent à néant toutes leurs théories et acceptent, dans la nécessité, des explications plus naturelles.

» M. Mauduit a rendu un véritable service en rassemblant dans son grand travail toutes les théories éparses. Il a d'ailleurs publié, dans le *Bulletin* de février 1913, une théorie présentant quelque analogie avec celle que je vous ai exposée en janvier 1913 ainsi qu'il l'annonçait lui-même (*Bulletin* de janvier, p. 74).

» M. Guilbert paraît également entrer dans la même voie. Dans certaines brochures récentes, j'ai vu également admettre à certains endroits que la résistance de contact ne varie pas en raison inverse de la section de contact.

» Voici la conclusion à laquelle nous arrivons :

*» La faculté destructive d'un arc dépend de l'énergie mise en jeu dans cet arc. Aucun courant parasite dangereux, soit sous balais, soit entre le balai quittant apparemment une lame et cette lame, ne pourra s'amorcer ou tout au moins atteindre une valeur mettant en jeu une énergie dangereuse, si la différence de potentiel entre deux lames consécutives, pour toute lame touchant un balai, ne dépasse pas une certaine valeur, étant entendu qu'un balai touche au plus un nombre déterminé de lames.*

» C'est toute la théorie que nous proposons et voici le principe de l'application à la théorie d'une machine :

*» On ne cherchera pas à chaque instant à déterminer la densité de courant en chaque point de la surface de contact d'un balai, problème, pensons-nous, dépourvu de sens. On supposera le problème résolu en négligeant les courants à éviter que nous appellerons « parasites ».*

*» On donnera au charbon une section suffisante pour le passage des courants utiles. Ensuite, on estimera la différence de potentiel efficace entre lames consécutives sous balais à un instant quelconque : Si cette différence de potentiel est inférieure à  $\varepsilon$ , nombre expérimental, les courants parasites seront négligeables et la machine commutera bien.*

» Puisqu'on se donne les conditions de circulation du courant, cette estimation approximative de  $\varepsilon$  restera le point délicat, mais soluble cependant dans chaque cas particulier, en appliquant les lois des circuits magnétiques, puisqu'on se donne la répartition des courants et par suite des ampères-tours. Il faudra se rappeler en outre, à chaque instant, que la force électromotrice, dans une section, est donnée par la dérivée du *flux total* à travers la section par rapport au temps.

» J'aurai un jour, je l'espère, l'honneur de vous exposer cette analyse pour quelques types de machines à courant continu, à courant alternatif, ou des commutatrices, ces machines étant munies d'enroulements auxiliaires de compensation de réaction d'induit, de pôles auxiliaires ou non.

» D'ailleurs, dans mon rapport du mois d'avril 1913 pour le courant continu à haute tension et du mois de mai 1913 (*Congrès des Ingénieurs d'Angleterre et de France*), j'ai esquissé cette analyse pour les moteurs de traction.

» Je voudrais simplement insister ce soir sur ce point qu'il y a, en réalité, pour toute machine, deux manières d'obtenir

$$\frac{d\Phi}{dt} < \varepsilon.$$

» Il faut et suffit que  $\Phi = \text{const.}$  et pour cela que la somme des flux balayés par les deux côtés de la section et des flux variables à travers la section commutée soit nulle. En particulier, les flux balayés peuvent donc être nuls tous deux ou tous deux égaux et de signes contraires.

» Ce deuxième mode permet de disposer les deux côtés de la section en plein champ, les champs relatifs aux deux côtés de la section étant tous deux entrant ou tous deux sortant par rapport à l'induit. Il a été prévu par Gorges en 1891 pour les moteurs polyphasés à collecteur dont le rotor tourne à la vitesse du champ tournant, mais alors les flux balayés par les deux côtés de la section sont nuls.

» Mais il est encore possible en courant continu et dans le cas du moteur monophasé et alors les flux balayés par les deux côtés de la section sont tous deux sensiblement égaux et de signes contraires.

» Particulièrement intéressant dans ce cas, nous l'avons employé

pour de nombreux moteurs monophasés à collecteur, soit pour traction, soit pour installations fixes. Cela nécessite l'emploi du pas fractionnel, ce qui conduit à une réduction des connexions latérales et par suite du poids de cuivre. Mais par contre, la nécessité d'avoir des flux débordant des deux côtés de la section en commutation oblige à une majoration du flux et par suite des matériaux magnétiques.

» Nous allons présenter maintenant quelques conséquences de notre théorie.

## II. — THÉORIE DE L'ARC ENTRE BALAIS.

» Dans le cas des dynamos à tension élevée, c'est-à-dire aux environs et au-dessus de 500 volts, des arcs s'amorcent entre des lignes de balais de signes contraires, avec un bruit d'explosion formidable, généralement à la suite d'une surcharge ou d'une cause accidentelle de mauvaise commutation. Des traces de l'arc se trouvent à des distances considérables du collecteur, sur la couronne des pôles par exemple.

» Voici une explication du phénomène :

» Nous remarquerons d'abord qu'une dynamo à haute tension développe des tensions entre deux lames consécutives assez élevées en dehors de la région de commutation. Supposons donc une surcharge sur la machine. La tension  $\epsilon$  que nous avons envisagée, permet l'amorçage d'un arc de court circuit se fermant par le charbon, sous balais, entre deux lames consécutives. Ceci permet, par suite de l'état d'ionisation du milieu, l'amorçage d'un arc de court circuit par la surface du collecteur entre les deux lames considérées. La première lame quittant le balai, l'arc subsiste, puisque la différence de potentiel croît rapidement. Ce petit arc peut donc se transporter à la deuxième ligne de balais.

» Mais supposons que la surcharge se prolonge un temps suffisant, un deuxième arc entre les deux lames consécutives suit le premier et rapidement tous les intervalles de lame à lame entre deux lignes de balais consécutives sont le siège de petits arcs.

» La tension peut donc se répartir de façon à utiliser au mieux la

tension entre lignes de balais pour obtenir un arc mettant en jeu une grande puissance.

» Heureusement, le mal porte avec lui son remède. La nappe de courant tend à embrasser le flux maximum suivant la loi de Maxwell et l'arc se dilate en se soufflant lui-même. C'est pourquoi l'on retrouve des traces à des distances paraissant singulières au premier examen.

» Si la cause perturbatrice disparaît, l'arc disparaît. D'ailleurs, toutes sortes de phénomènes tendent à le limiter, les disjoncteurs sautent, la dynamo (tout au moins les anciennes) se désamorce, la machine à vapeur baisse de vitesse, etc.

» En alternatif, le phénomène ne se produit pas pour deux raisons :

» 1<sup>o</sup> Les différences de potentiel entre balais sont moins élevées ;

» 2<sup>o</sup> On sait que les arcs tendent à se couper aux basses fréquences.

» Cette théorie justifie la nécessité d'intervalles suffisants entre lames consécutives, indépendamment du point de vue de l'isolement.

» Nous avons vu, par exemple, *certaines* machines présenter des arcs entre balais, lorsqu'on porte la largeur des micas de  $\frac{8}{10}$  à  $\frac{5}{10}$ . La même théorie explique aussi la nécessité, en haute tension, de satisfaire à la condition  $\frac{d\Phi}{dt} < \epsilon$  au delà des balais (écartement des cornes polaires, largeur des pôles de commutation).

### III. — PRINCIPE D'UNE THÉORIE GÉNÉRALE DES ENROULEMENTS FERMÉS A COURANT CONTINU. ANALOGIE AVEC LA THÉORIE DES POLYGONES ÉTOILÉS (1).

» Remarquons d'abord que l'enroulement fermé d'induit à courant continu est un enroulement fermé d'alternateur.

» L'enroulement est fermé, cela signifie qu'un mobile, parcourant le fil sans le quitter et sans jamais revenir sur ses pas, se retrouve à un certain instant au point de départ. L'enroulement

---

(1) Nous avons publié cette théorie parce qu'elle éclaire les considérations suivantes :

est un induit d'alternateur. Cela veut dire qu'entre deux points quelconques du bobinage, la force électromotrice est périodique.

» Lorsque le mobile envisagé sera revenu au point de départ, nous dirons, sous une forme abrégée, qu'il a *parcouru l'enroulement d'alternateur*. Si les potentiels rencontrés au départ sont croissants, ils sont ensuite forcément décroissants pour revenir au potentiel de départ au moment où l'enroulement se ferme sur lui-même. Ceci est toujours *sensiblement* réalisé, sinon l'enroulement serait le siège d'un véritable court circuit sur lui-même.

» Mais le mobile peut rencontrer, avant de revenir au point de départ, des potentiels qui décroissent pour croître à nouveau, etc., c'est-à-dire que le potentiel rencontré peut parcourir plusieurs ondes d'une courbe périodique. L'égalité des différentes alternances résulte de ce que l'enroulement distribue sensiblement les conducteurs d'induit par parties égales entre les pôles Nord et les pôles Sud.

» Le problème général du collecteur est de capter les courants en des points analogues de ces différentes périodes, les courants circulant dans les *dérivations* de bobinage offertes par le collecteur. Le collecteur, organe de restitution, rétablit continuellement les conditions géométriques et physiques à mesure que l'induit tourne (analogie avec l'aubage des turbines).

» Ces préliminaires établis, nous arrivons plus directement à la théorie du bobinage.

» Nous représenterons schématiquement le collecteur par une circonférence divisée par  $N$  points en  $N$  arcs égaux à la  $N^{\text{ième}}$  partie de la circonférence. Le point d'attache d'une section à chaque lame étant représenté par l'un des points en question, chaque section de bobinage reliant deux lames sera figurée par la corde de circonférence joignant deux points de la circonférence. De la sorte, un enroulement fermé se représente par un polygone. Par exemple, la figure 1 représente un induit série parallèle avec  $N = 16$ ,  $p = 2$ ,  $p_1 = 2$ .

» Si l'on veut bien remarquer que deux sections décalées géométriquement dans les encoches d'un certain angle sont décalées du même angle à la soudure au collecteur, on conçoit que la figure schématique proposée représente un enroulement.

» Tout est dit dans l'enroulement en anneau. Le seul point



à préciser dans l'enroulement tambour sera le choix de l'angle au centre correspondant aux deux côtés de la section disposés dans les encoches. De même pour les induits en disques aujourd'hui abandonnés. Ce choix nécessiterait une discussion fort simple que nous ne voulons pas faire ici. De l'emplacement d'une seule section résulte la disposition de toutes les autres. Nous allons maintenant établir la formule de tous les enroulements fermés.

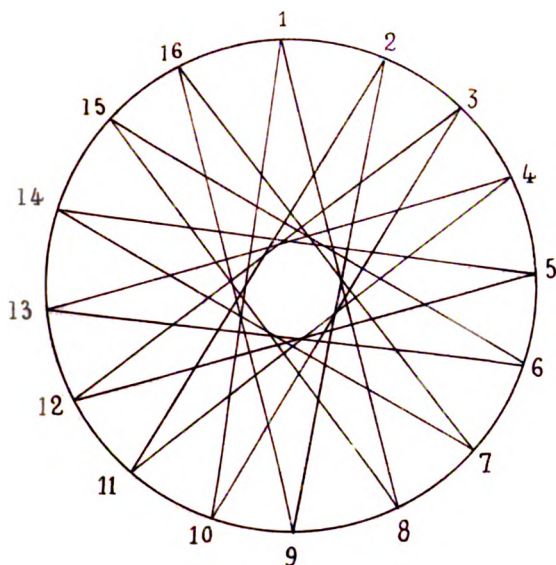


Fig. 1.

» Le polygone représentatif est évidemment fermé. Le collecteur étant un organe de restitution, lorsqu'une lame se substitue à l'autre, le polygone est régulier.

» Une section du bobinage étant soudée entre les lames  $q$  et  $q + n$ , quel que soit  $q$ , nous dirons que le pas au collecteur est  $n$ . Les côtés du polygone représentant les sections joindront les extrémités d'arcs comprenant  $n$  divisions. Le retour à la lame 1 d'un mobile partant de cette lame aura lieu pour un nombre de divisions de circonférences évidemment plus petit multiple commun, de  $N$  et  $n$ , soit  $\frac{Nn}{d}$ ,  $d$  étant le plus grand commun diviseur de  $N$  et  $n$ . Le polygone aura  $N$  côtés, l'arc sous-tendu par chacun étant de  $n$  divisions. Le nombre de circonférences parcourues sera  $\frac{n}{d}$ .

» Mais si nous voulons utiliser toutes les lames avec un seul enroulement fermé, il faut que  $\frac{N}{d} = N$ , c'est-à-dire que  $d = 1$ .

» *La condition nécessaire pour que toutes les lames soient utilisées dans un enroulement fermé sur lui-même est donc que  $N$  et  $n$  soient premiers entre eux.*

» Si  $n = 1$ , le polygone est convexe, on a l'enroulement imbriqué ordinaire; le mobile ne parcourt qu'une seule fois la circonférence pour revenir au point de départ. Il est facile de voir, et nous n'insistons pas, que l'enroulement comprend  $2p$  alternances de potentiel, si  $2p$  est le nombre de pôles.

» On peut donc lui capter du courant aux points de potentiels maxima par  $2p$  lignes de balais. Ces courants traverseront  $2p$  dérivations.

» Si  $n \neq 1$ , le polygone est étoilé; jusqu'ici la théorie est identique à celle des polygones réguliers. Nous allons maintenant particulariser le polygone utilisé. Il y a intérêt, c'est le but de l'enroulement série parallèle, que chaque dérivation de l'alternateur ait ses sections successives soumises à l'influence de tous les pôles de même nom qui se suivent, de façon que les différences de flux des pôles ne créent pas de différences dans les forces électromotrices développées dans les différentes dérivations.

» S'il y a  $2p_1$ , alternances de potentiel le long de l'enroulement d'alternateur, le décalage physique de deux spires se suivant dans l'enroulement d'alternateur est  $\pm \frac{2p_1\pi}{N}$  ou, si l'on convient d'appeler décalage physique de deux spires se suivant dans l'enroulement d'alternateur, l'intégrale du décalage physique qui intervient pour qu'une spire prenne la place d'une autre dans la rotation de l'induit, ce décalage sera

$$\pm \frac{2p_1\pi}{N} + 2\pi.$$

» Remarquons que le décalage physique, rapporté à la position initiale d'une section, reprenant sa position initiale après un tour d'induit, est  $2\pi p$ ; le déplacement effectué par la soudure au collecteur mesuré en lames est  $N$ . L'unité d'angle correspond donc à  $\frac{N}{2\pi p}$  lames du collecteur.

» Le pas  $n$  au collecteur dans l'enroulement série parallèle est par suite

$$\frac{N}{2\pi p} \left( \pm \frac{2p_1\pi}{N} + 2\pi \right) = n;$$

d'où

$$N = pn \pm p_1.$$

Telle est la formule générale des enroulements série parallèles.

» Si  $p_1 = 1$ , l'enroulement est dit *enroulement série*.

» Si  $p_1 \neq 1$ , l'enroulement est dit *série parallèle*.

» *Remarque I.* — Il est facile de se rendre compte que  $p_1$  lames voisines correspondent à  $p_1$  dérivations de l'induit. L'enroulement étant supposé établi avec la formule

$$N = pn + p_1,$$

l'enroulement d'alternateur (fig. 2) commençant à la lame 1 ren-

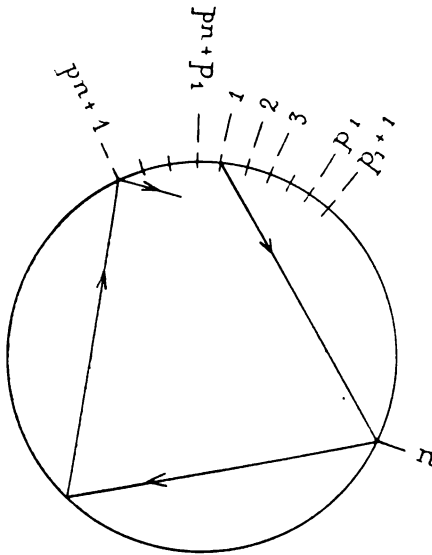


Fig. 2.

contre successivement les lames  $n + 1, 2n + 1, \dots, pn + 1$ , puis, à un certain moment, la lame 2, après avoir parcouru  $xn$  divisions, puisque toutes les lames sont utilisées; pour la même raison, le mobile rencontrera les lames  $pn + 2, \dots$ , puis la lame 3, etc., enfin la lame  $p$ , puis les lames  $n + p, \dots, pn + p_1$ , enfin le circuit se ferme après avoir touché la lame  $p_1 + 1$ , par  $p$  sections sur la

lame 1 que l'on pourrait numérotter  $pn + p_1 + 1$ . Le nombre de divisions parcourues est donc

$$p_1 x n + pn = Nn.$$

puisque l'enroulement se ferme, après avoir parcouru  $n$  fois la circonférence comme dans tout polygone étoilé.

» Il y a donc  $\frac{N-p}{p_1}$  sections dans l'enroulement d'alternateur compris entre deux lames consécutives. Les lames 1 et  $p_1 + 1$  diffèrent de la tension de  $p$  sections en série dans l'enroulement d'alternateur dont les forces électromotrices sont décalées de  $\frac{2\pi p_1}{N}$ . Telle sera la différence de potentiel entre les bords du charbon captant du courant à  $p_1$  dérivation.

Une démonstration analogue serait faite dans le cas du bobinage correspondant à la formule  $N = pn - p_1$ .

• *Remarque II.* — On peut évidemment intercaler un certain nombre de lames entre deux des lames consécutives envisagées précédemment et disposer consécutivement 1 ou  $p$  bobinages *indépendants* dans les mêmes encoches. On a les enroulements multiples.

» Enfin ces lames supplémentaires peuvent être utilisées pour les dispositifs dont nous parlerons.

» Nous avons pensé que cet exposé sous une forme intuitive et courte des enroulements à courant continu pouvait rendre service. Il permet de comprendre la comparaison ultérieure au point de vue commutation de plusieurs enroulements distincts et des enroulements série parallèles.

#### IV. — CONNEXIONS ÉQUIPOTENTIELLES.

» Leur rôle peut être double.

» 1<sup>o</sup> *Elles assurent la répartition égale des flux de chaque pôle.*

» Dans certaines machines multipolaires à  $2p$  pôles, et ce sont les plus usuelles, le bobinage comprend  $2p$  dérivation et chaque dérivation de bobinage occupe la moitié de chacune des encoches réparties sous deux pôles consécutifs. Les forces électromotrices

développées dans ces  $2p$  dérivations peuvent donc être différentes si les flux des différents pôles ne sont pas égaux. Il peut en résulter des différences considérables dans la répartition des courants.

» Mais supposons parmi ces dérivations de bobinage un certain nombre de points équipotentiels réunis par des connexions de faible résistance. Les différentes dérivations de bobinage se comporteront comme des alternateurs différents couplés en parallèle, ainsi que permet de le comprendre la notion d'alternateur fermé sur lui-même à  $2p$  alternances de tension. Aux chutes ohmiques près, une seule force électromotrice subsistera, et les différents alternateurs s'enverront mutuellement des courants magnétisants. D'une manière tout à fait secondaire, les connexions contribuent encore à répartir les courants que des différences de contacts aux balais pourraient tolérer, mais qui seraient faibles, car les forces électromotrices assurant leur passage et leur répartition sont grandes, sinon des dynamos shunt distinctes ne pourraient être mises en parallèle.

» Il faut bien remarquer qu'aucun courant circulant entre les balais ne permet l'égalisation des tensions entre balais, car ces courants (à la distorsion du champ près) sont incapables de créer des flux dans les axes des pôles. Les flux transversaux ne créent aucune différence de potentiel entre balais.

» Il n'en est évidemment pas de même dans les moteurs polyphasés à collecteur ou les moteurs à répulsion monophasés. On peut réaliser ces moteurs sans connexions équipotentiellles. J'en ai réalisé un grand nombre.

» Dans les commutatrices, certaines connexions équipotentiellles sont réalisées tout naturellement par les bagues.

» 2° *Les connexions équipotentiellles dans les machines à enroulements distincts assurent la répartition des courants dans les enroulements en parallèle.*

» C'est ici que le rôle des résistances de contact me semble être fondamental. Supposons un collecteur à  $2N$  lames, on peut réaliser deux bobinages distincts préférablement dans les mêmes encoches. L'un des bobinages pourra être relié aux lames paires, l'autre aux lames impaires. Pour que les balais puissent capter des

courants aux deux bobinages, la première idée qui-se présente à l'esprit est celle-ci : Il faut et suffit que les balais de chaque ligne touchent deux lames.

» Chaque enroulement séparément est d'abord supposé identique à celui du cas précédent. Il peut donc porter des connexions équipotentiellles pour assurer l'égalité des flux pénétrant dans les différentes dérivations. Une telle disposition commute mal. Nous avons pu constater sur une machine que, en reliant électriquement par des soudures chaque conducteur de lame paire avec celui de la lame impaire placée dans la même encoche, la commutation devenait excellente. Il semble donc bien que la mise en parallèle qui n'était pas du tout assurée par les balais est parfaitement assurée par les contacts entre enroulements.

» Mais, dira-t-on, la mise en parallèle se fait bien dans deux dynamos en parallèles. C'est que, dans ce cas, nous ne demandons pas aux balais d'assurer une répartition de courant entre plusieurs lames consécutives. Un balai touche toujours au moins par un point.

» Et, d'autre part, la même machine construite ultérieurement, mais avec un collecteur à  $N$  lames au lieu de  $2N$ , et un seul bobinage au lieu de deux, la section de cuivre étant doublée, commutait encore très bien.

» La seule explication possible est donc bien dans l'impossibilité d'assurer un contact entre plusieurs lames par ligne de balais sur un collecteur. Si l'un des enroulements précédents était un enroulement série, il n'aurait pas besoin de connexions égalisatrices de flux, puisque chacune des dérivations serait soumise à l'action de tous les pôles de même nom. Mais là encore, évidemment, la mise en parallèle ne saurait être faite par les balais.

» Or un enroulement série parallèle ne diffère pas essentiellement de deux enroulements séries distincts et mis en parallèle par les balais; les mêmes raisonnements leur seront donc applicables. Ils ne peuvent donc permettre une bonne commutation sans connexions équipotentiellles entre les différentes alternances de l'enroulement d'alternateur, ce qui est possible avec quelques précautions; par exemple, dans le cas de la figure 2, des connexions équipotentiellles pourront être mises entre les lames 1 et 9, 2 et 10, 3 et 11, 4 et 12, 5 et 13, 6 et 14, 7 et 15, 8 et 16.

» On ne peut donc baser l'espoir d'une bonne commutation sur la répartition des courants, que nous avons appelés *utiles*, entre les différentes lames touchées par les mêmes balais. *Les étincelles ne doivent pas être expliquées par des effets de self-induction, mais par des arcs de conduction des courants utiles.*

#### V. — DISPOSITIFS NOUVEAUX POUR RÉDUIRE LES TENSIONS ENTRE LAMES CONSÉCUTIVES DU COLLECTEUR.

» Il est particulièrement difficile, dans certains cas, de réduire la tension entre les lames consécutives sous balais à une tension inférieure à  $\mathcal{E}$ . Le nombre  $\mathcal{E}$  a une valeur absolue; dans les machines en question, les grandeurs, dont la somme donne la tension entre lames, sont elles-mêmes très grandes. Or, ces différentes grandeurs ne peuvent être ajustées qu'avec une certaine erreur relative qui n'assure pas aisément, pour tous les régimes, une valeur plus petite que  $\mathcal{E}$ .

» Ce cas se présente dans les *dynamos à courant continu pour turbines* à vapeur. Par suite de l'énorme vitesse périphérique, la tension maximum développée par section est considérable. Dans les *dynamos à courant continu d'électrolyse* à très gros courants et à faible tension, il y a très peu de lames au collecteur. La période que j'ai appelée *période de restitution* est très grande; la self-induction d'une section, par suite du petit nombre de sections, acquiert une importance capitale et la période de discontinuité, que j'ai appelée *période de restitution*, est grande.

» Dans les dynamos à courant continu à haute tension, la tension développée dans chaque section atteint naturellement aussi des valeurs élevées, et la difficulté signalée se rencontre; mais ici elle provient généralement de ce que l'on met plusieurs spires par section : c'est elle qui limite principalement la tension que l'on peut développer dans une dynamo

» Enfin, pour les machines à courants alternatifs à collecteur, au démarrage, la tension par lame conduit souvent à limiter la valeur du flux de la machine à des valeurs trop faibles pour qu'elle reste par spire d'induit inférieure à  $\mathcal{E}$ . Il peut donc y avoir intérêt dans bien des cas à réduire les tensions mises en jeu au collecteur

à une valeur inférieure à celle d'une spire : la difficulté du réglage  $\frac{d\Phi}{dt} < \varepsilon$  sera singulièrement réduite.

» Comme nous l'avons vu, on relie généralement aux différentes lames du collecteur d'un induit l'entrée et la sortie des différentes sections qui constituent l'enroulement d'induit.

» Par conséquent, les différences de potentiel minima dont on dispose entre lames consécutives du collecteur sont des multiples de la force électromotrice d'une spire. J'ai remarqué qu'au lieu de la force électromotrice d'une spire, on peut capter la force électromotrice d'une fraction de la spire, à condition de relier au collecteur, non seulement les entrées et les sorties des spires, mais encore plusieurs des points intermédiaires de cette spire. Les tensions mises en jeu au collecteur sont alors celles d'une fraction de barre.

» Au lieu de réunir comme d'habitude l'entrée et la sortie d'une spire à deux lames consécutives du collecteur, j'intercale entre ces lames une ou plusieurs lames supplémentaires qui sont reliées au milieu ou à des points convenables de la spire. Par exemple, dans la figure 3, une section (*abcdefg*) a ses extrémités reliées aux lames *a*

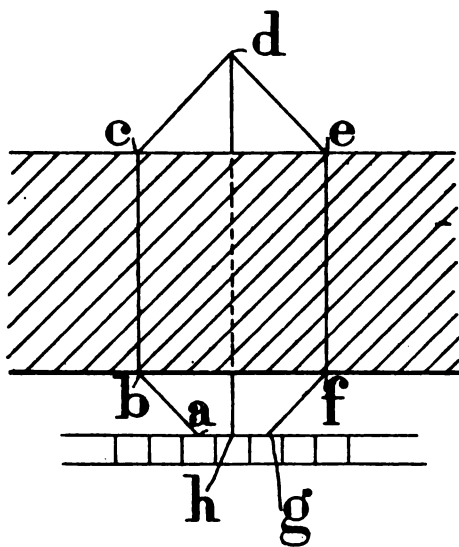


Fig. 3.

et *g*, la lame intermédiaire *h* est connectée au milieu *d* de la spire par un conducteur *dh* passant entre les tôles de l'induit et l'arbre.



Entre  $a$  et  $h$ , les tensions mises en jeu sont celles de la barre  $bc$ .

» On pourrait d'ailleurs prendre plusieurs dérivations de l'extrémité  $d$  pour aboutir à plusieurs lames voisines du collecteur, les génératrices suivant lesquelles les dérivations longent les côtés extérieurs du cylindre occupant les positions intermédiaires entre les côtés de la spire (*fig. 4*). Cette disposition peut être appliquée

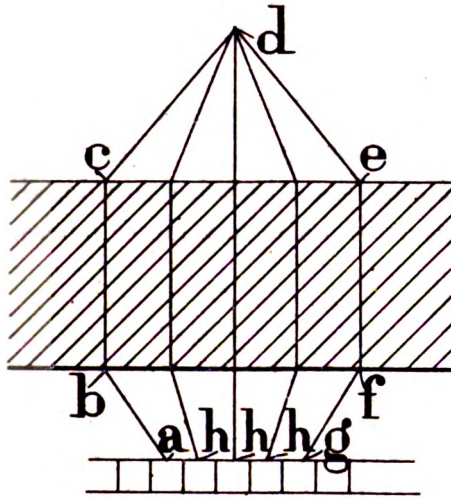


Fig. 4.

avantageusement pour les gros moteurs polyphasés à collecteur destinés à tourner aux environs de la vitesse de synchronisme du genre Gorges ou les moteurs répulsions. Les flux à travers les circuits qui se ferment entre deux lames consécutives sont visiblement une fraction du flux embrassé par une spire. De sorte qu'au démarrage, la tension par lame est réduite. A mesure que la vitesse de rotation s'approche du synchronisme, les forces électromotrices de toutes les barres diminuent.

» Nous avons réalisé avec succès des enroulements du genre de la figure 4 pour des machines à courants continu ou polyphasé. On peut aussi relier les lames intermédiaires à des points disposés le long des conducteurs dans l'encoche. Les tensions entre lames consécutives seront alors des fractions de la tension d'une barre d'encoche.

» D'une manière générale, si l'on veut éviter qu'une force électromotrice soit induite dans une connexion supplémentaire, il

suffira d'éviter qu'elle coupe des lignes de force et par suite de faire passer ces connexions dans des trous pratiqués radialement dans les tôles d'induit.

» Il faut remarquer que les lames reliées à ces dérivations ne possèdent aucune autre connexion, de sorte que ces connexions n'entrent en jeu qu'au moment de la commutation par les balais. On peut donc, et cela avantageusement, leur donner une section relativement faible. On peut même leur faire jouer le rôle de connexions résistantes.

» Voici une disposition séduisante au premier abord. Imaginons un collecteur d'un nombre pair de lames, un premier bobinage imbriqué connecté aux lames impaires; un deuxième disposé dans les mêmes encoches et connecté aux lames paires.

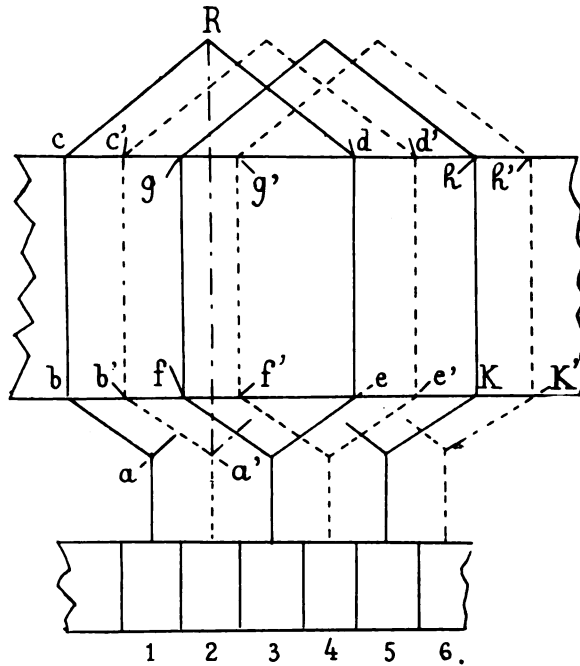


Fig. 5.

» La figure 5 représente deux spires complètes  $abcdefghk$  du premier bobinage et deux spires complètes  $a'b'c'd'e'f'g'h'k'$  du deuxième.

» Supposons les conducteurs  $bc$  et  $b'c'$  dans les mêmes encoches. Entre les lames 1 et 3, nous avons la tension des deux barres  $bc$

et *de*. Nous avons en somme deux enroulements multiples en parallèle par les balais.

» Mais relions la lame 2 par la connexion  $a'R$  à l'extrémité de la barre  $bc$  du côté opposé au collecteur, la connexion passant entre les tôles et l'arbre. Il apparaît que la différence de potentiel pour chaque lame impaire qui la précède est imposée aux chutes ohmiques près dans les enroulements, puisque, pour deux mobiles, tout le long des deux enroulements, dans les mêmes encoches, les tensions se suivent avec la différence de la tension développée dans la barre  $bc$  au départ entre les points  $a$  et  $a'$ . Mais nous commettons encore l'erreur de compter sur les contacts de balais pour la répartition des courants, et en réalité nous serons conduits à multiplier les connexions du genre  $a'R$ . Elles serviront alors à assurer cette répartition des courants.

» L'exposé de ce mode de bobinage est sensiblement le texte que j'ai employé dans la rédaction du brevet 339063, rédigé pour des raisons spéciales au nom de mon ami Mainfroy, en septembre 1903. Des variantes ont été depuis employées pour faire des dynamos à courant continu de turbine, en particulier étudiées par M. Miles Walker, le distingué ingénieur de la Société Westinghouse, de Manchester.

## VI. — DISPOSITION NOUVELLE DE TURBO-GÉNÉRATEUR A COURANT CONTINU AVEC TURBINE A VAPEUR A VITESSE RÉDUITE A DOUBLE SENS DE ROTATION.

» La difficulté d'obtenir des dynamos à courant continu accouplées aux turbines à vapeur résulte des grandes vitesses périphériques des induits et des collecteurs. D'autre part, ce qui est nécessaire pour les turbines à vapeur, c'est une grande vitesse relative des aubes par rapport au distributeur. En imposant à chacune des parties, distributeur et aubes, de la turbine des mouvements absolus en sens inverses convenables, il en résulte que tout se passe sensiblement au point de vue fluide moteur comme si l'une des parties étant fixe, la vitesse absolue de l'autre partie était doublée.

» Nous désignerons dans la suite de telles machines sous le nom de *turbines à vitesse réduite*. Tels sont des types de turbines prévus

par Parsons et d'autres réalisées par Ljungström. L'emploi de ces turbines a été prévu avec l'accouplement en parallèle de deux alternateurs de même couple liés à chacune des parties tournantes. Le couple synchronisant se chargeant automatiquement de maintenir des vitesses égales ou tout au moins rigoureusement dans le rapport des nombres de pôles. La théorie en est simple : Le régulateur d'admission de vapeur maintient la constance de la vitesse relative ou plutôt la vitesse absolue  $\omega$  de l'une des parties tournantes. Le couple moteur C est le même pour les deux parties tournantes de la turbine en vertu de la loi d'action et de réaction. Puisque la première partie tournante est à vitesse constante  $\omega$ , c'est qu'à chaque instant, le couple moteur qui l'entraîne est égal au couple résistant de son alternateur. Quant au deuxième alternateur, son rotor tendra à prendre de l'avance angulaire ou du retard par rapport à son stator, jusqu'à ce que le couple moteur C soit égal au couple résistant. La charge du deuxième alternateur en résultera automatiquement comme l'on sait, ainsi que l'admission de la vapeur. Les points d'appui des deux parties tournantes sont en somme les stators des alternateurs.

» Si les deux alternateurs sont à même nombre de pôles, ils auront même vitesse, même couple et par suite même charge.

» S'il s'agit de dynamos à courant continu, on songe bien à mettre deux dynamos en parallèle, mais on se demande ce qui assurera l'égalité rigoureuse des couples résistants au couple moteur. Si, par exemple, on dispose deux dynamos séries en série, il y aura toujours une différence, si petite soit-elle, des couples résistants entre eux et, par suite, l'impossibilité d'assurer l'égalité des deux couples résistants au couple moteur C.

» *Premier dispositif.* — La première idée qui nous est venue à l'esprit est d'adjoindre à chacune des dynamos un moteur synchrone qui lui est accouplé rigidement ou élastiquement. Si les deux moteurs synchrones sont de puissance suffisante, d'après le raisonnement précédent, ils assureront l'égalisation des couples résistants opposés aux couples moteurs égaux à C des deux parties tournantes de la turbine.

» On pourra confondre un moteur synchrone avec la dynamo à

laquelle il est joint. Il suffit par exemple de leur attribuer des inducteurs communs, l'induit du moteur synchrone et l'induit à courant continu étant bobinés dans les encoches des mêmes tôles. L'induit à courant continu portera un collecteur à lames, l'induit d'alternateur portera des bagues, et les bagues des deux dynamos seront reliées électriquement. On pourra même confondre les bobi-

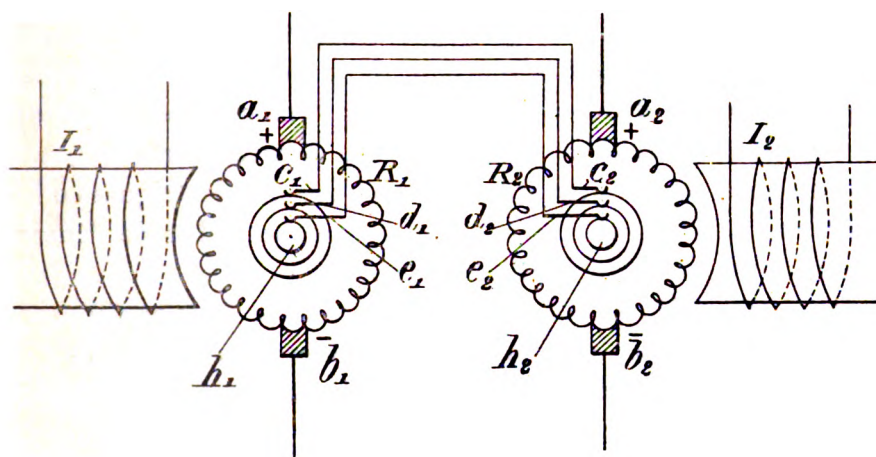


Fig. 6.

nages continus et alternatifs comme dans un induit de convertisseur (fig. 7).

» Il est à remarquer que si les couples des dynamos à courant continu sont sensiblement égaux, les flux des enroulements à courants alternatifs seront petits également et n'apporteront qu'une très faible perturbation du champ dans la région des balais. Le réglage par enroulement de compensation de la réaction d'induit à courant continu, ou par pôle auxiliaire ou par la réunion des deux dispositifs, sera donc sensiblement indépendant du fonctionnement des enroulements synchroniques.

» Dans le cas où les enroulements à courant continu ne sont pas confondus avec les enroulements à courant alternatif, on pourra mettre les deux induits à courant continu en série, ce qui est particulièrement intéressant pour la traction à courant continu à haute tension, les transmissions Thury, etc.

» Le synchronisme se fera très facilement dès le départ de la turbine, à condition d'exciter préalablement les inducteurs. Il

sera bon de disposer les inducteurs en parallèle ou en série de façon à obtenir les excitations convenables à chaque instant par un seul réglage. Des résistances constantes, s'il y a lieu, permettant une fois pour toutes de répartir les excitations dans les deux machines.

» *Deuxième dispositif.* — Mais, poursuivant nos recherches, nous avons trouvé qu'il est possible, sans obtenir de synchronisme rigoureux des deux parties tournantes, de maintenir sensiblement constant le rapport des vitesses de deux dynamos accouplées aux deux parties tournantes d'une turbine à vitesse réduite, sans échange de courants alternatifs, par des liaisons électriques convenables, et cela tout en empruntant à chacune d'elles de l'énergie disponible dans le réseau d'utilisation.

» Un calcul élémentaire dans un cas simple va nous montrer que le problème est possible. Nous donnerons ensuite quelques dispositions; des calculs analogues, en s'inspirant des mêmes principes, les justifieraient facilement.

» Dans la suite, on affectera toujours de l'indice 1 les parties accouplées à la première partie tournante de la turbine et de l'indice 2, celles qui sont relatives à la deuxième partie tournante.

» Soit  $C$  le couple d'action et de réaction s'exerçant entre les deux parties tournantes de la turbine, dont les vitesses en sens inverse à obtenir sont  $N_1$  et  $N_2$ .

» Leur vitesse relative est

$$N = N_1 + N_2.$$

Les couples résistants étant  $C_1$  et  $C_2$ , si un régime stable de vitesse est obtenu, on a

$$C = C_1 = C_2.$$

Si l'on désigne par  $c_1$  et  $c_2$  les couples de résistances parasites telles que ceux des frottements, hystérésis, courants de Foucault, etc.,  $\Phi_1$  et  $\Phi_2$  les flux à travers les induits,  $I_1$  et  $I_2$  les courants qui les traversent, on a

$$C_1 = K_1 \Phi_1 I_1 + c_1 = K_2 \Phi_2 I_2 + c_2 = C_2,$$

$K_1$  et  $K_2$  étant des constantes relatives à chaque dynamo, constantes

qui seraient égales si les dynamos étaient rigoureusement identiques. Le régulateur de la turbine maintenant  $N$  constant pour que le fonctionnement soit stable, si  $N_1$  croît au delà de la valeur qu'on lui assigne,  $K_1\Phi_1 I_1 + c_1$  doit croître ou  $K_2\Phi_2 I_2 + c_2$  doit décroître, les deux variations pouvant d'ailleurs se faire simultanément.

» On voit que cela pourra être réalisé, soit en agissant sur les flux, c'est-à-dire sur les excitations, soit en agissant sur les courants traversant les induits, soit sur les deux.

» Pour que la variation de l'excitation soit favorable à la régulation, il faut qu'elle croisse automatiquement, si la vitesse s'élève au delà de la vitesse qu'on lui assigne.

» La régulation des courants à travers les induits se fera de la façon la plus naturelle en mettant les induits en parallèle par leurs balais.

» Avec les notations ci-dessus, en désignant par  $r_1$  et  $r_2$  les résistances des induits comprenant au besoin les résistances d'enroulements de compensation ou de pôles auxiliaires de chaque dynamo,  $K_1$  et  $K_2$  des constantes convenables ainsi que  $k_1$  et  $k_2$ , et  $E$  la différence de potentiel disponible aux balais, on a

$$\begin{aligned} (1) \text{ et } (2) \quad & K_1\Phi_1 + c_1 = K_2\Phi_2 I_2 + c_2 = C, \\ (3) \text{ et } (4) \quad & e_1 - r_1 I_1 = e_2 - r_2 I_2 = E, \\ (5) \quad & e_1 = k_1\Phi_1 N_1, \\ (6) \quad & e_2 = k_2\Phi_2 N_2, \\ (7) \quad & I_1 + I_2 = I. \end{aligned}$$

» Les équations (1) et (2) expriment que les couples résistants sont égaux aux couples d'action et de réaction, les équations (3) et (4) que la tension est la même aux bornes des induits; (5) et (6) donnent les expressions des forces électromotrices  $e_1$  et  $e_2$  des induits, (7) exprime que le courant extérieur est la somme algébrique des courants dans les deux dynamos.

» Soient donc sept équations entre onze variables, elles permettent de déterminer sept d'entre elles connaissant les quatre autres, par exemple  $\Phi_1$  et  $\Phi_2$ , c'est-à-dire les excitations en fonction de  $N_1$  et  $N_2$  et de  $I_1$  et  $I_2$ .

» Mais il y a plus, des équations (3), (4), (5) et (6), on tire

$$\frac{K_1\Phi_1 N_1}{K_2\Phi_2 N_2} = \frac{e_1}{e_2} = \frac{E + r_1 I_1}{E + r_2 I_2},$$



c'est-à-dire approximativement, puisque  $r_1 I_1$  et  $r_2 I_2$  sont petits vis-à-vis de  $E$ ,

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{K_2 \Phi_2}{K_1 \Phi_1}.$$

» Il suffit donc de régler le rapport des excitations de deux dynamos à courant continu, chacune d'entre elles étant couplée avec l'une des parties tournantes de la turbine, et le rapport des vitesses des deux parties tournantes de la turbine sera sensiblement déterminé. Il suffira pour cela que les inducteurs soient en parallèle ou en série ou composés à la fois d'inducteurs en parallèle et d'autres en série.

» Les excitations des machines peuvent être prises en dérivation aux bornes des induits, et alors l'autorégulation des couples résistants des deux machines se fait d'autant plus facilement puisque le courant dans l'induit et celui de l'excitation shunt augmenteront automatiquement avec la vitesse.

» Dans le cas de la mise en parallèle des induits, rien ne s'opposera au compoundage en utilisant les dispositions connues, que les enroulements compound soient mis pour chaque machine en série avec le courant débité par son induit ou mis en série avec le courant total des induits.

» Si l'on dispose les induits à courant continu en série, il apparaîtra qu'il faut avoir recours à l'autorégulation des couples par les excitations. On pourra donc mettre en série les induits des dynamos, à condition d'exciter partiellement ou totalement les dynamos sur leurs induits respectifs.

» On pourra toujours remplacer l'excitation d'une dynamo en shunt par l'excitation d'une excitatrice couplée avec elle, puisque la tension de l'excitatrice croîtra avec la vitesse.

» La régulation de la tension pourra se faire par la variation des excitations, mais il faudra s'efforcer de les conserver dans un même rapport. Un moyen simple sera de les mettre en parallèle ou en série, en intercalant ce groupement entre deux points entre lesquels la tension sera réglée.

» Dans les différentes figures ci-après,  $h_1$  et  $h_2$  représentent toujours schématiquement les dispositifs de couplage des induits avec les deux parties tournantes de la turbine à vitesse réduite.



- » Les mêmes notations sont conservées aux différentes figures.
- » La figure 7 représente le cas de deux dynamos couplées aux

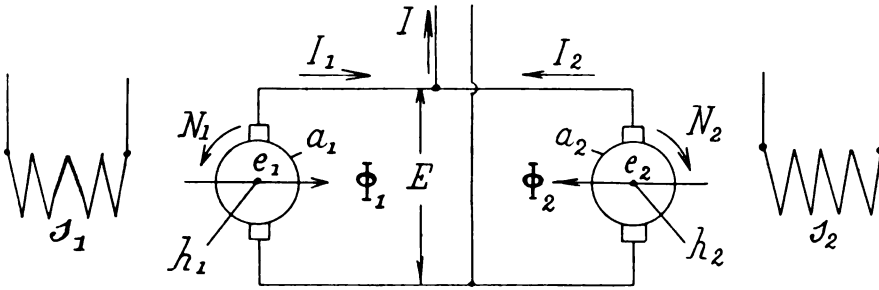


Fig. 7.

deux parties tournantes de la turbine dont les induits  $a_1$  et  $a_2$  sont en parallèle. Les enroulements d'excitation  $s_1$  et  $s_2$  pourront être

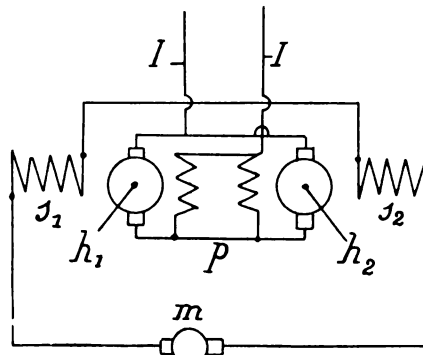


Fig. 8.

mis soit en série, soit en parallèle, l'ensemble étant excité par une excitatrice séparée ou en dérivation sur les induits.

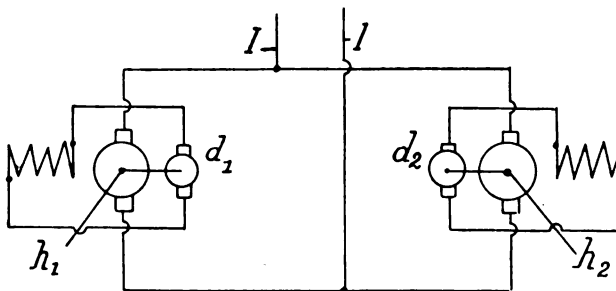


Fig. 9.

» La figure 8 suppose les mêmes machines compoundées, les compoundages sont en parallèle avec un fil d'égalisation  $p$ .

» La figure 9 représente deux dynamos en parallèle, dont les excitations sont prises en dérivation sur les induits de deux excitatrices shunt tournant synchroniquement par exemple accouplées rigidement ou élastiquement.

» La figure 10 représente deux dynamos en parallèle dont les

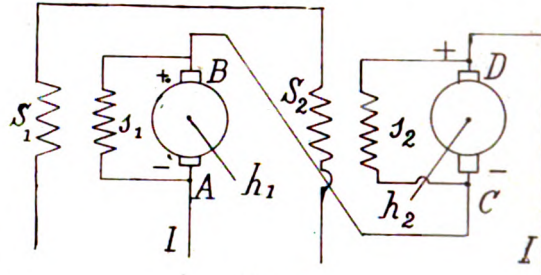


Fig. 10.

excitations sont prises en dérivation sur les induits de deux excitatrices shunt tournant synchroniquement, par exemple accouplées rigidement ou élastiquement.

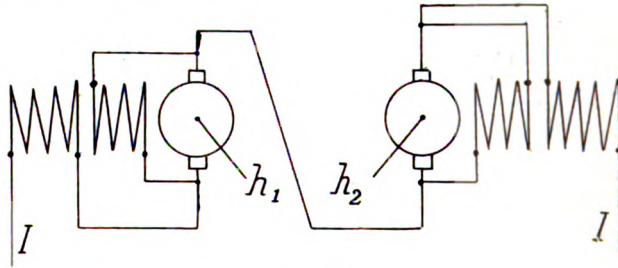


Fig. 11.

» La figure 11 représente deux machines compound couplées en série.

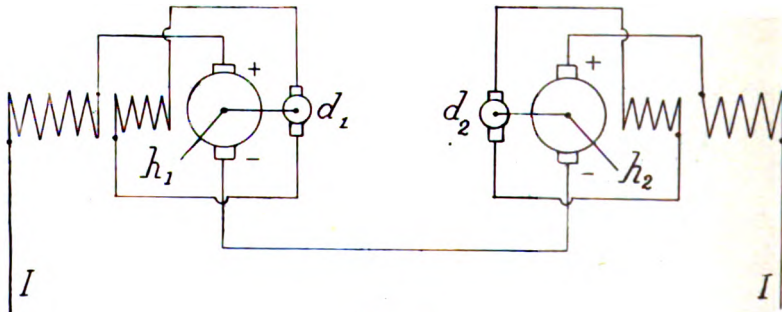


Fig. 12.

» La figure 12 est le schéma de deux dynamos compound cou-

plées en série. Les excitations sont prises sur deux induits de petites dynamos shunt tournant chacune synchroniquement avec l'une des parties de la turbine. Les inducteurs des excitatrices peuvent être disposés en série ou en parallèle et en dérivation sur une source quelconque. La variation de tension de cette source permet elle-même de régler la tension aux balais extrêmes des dynamos en série.

## VII. — CONCLUSION GÉNÉRALE.

» Nous espérons avoir montré que la considération simple de la tension  $\epsilon$  et de la résistance de contact assimilée à celle d'arcs, permet d'obtenir beaucoup de conséquences pratiques. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Guéry et M. Gratzmuller des études très fouillées qu'ils viennent de présenter sur le problème de la commutation. Ce problème a déjà été souvent débattu devant la Société aussi bien qu'ailleurs, mais il offre une telle importance pratique et soulève des difficultés si multiples qu'il est toujours possible, comme nous venons d'en juger, de l'enrichir d'aperçus nouveaux et suggestifs.

La séance est levée à 23 h 30 m.

## INFORMATION.

---

### Congrès électrique international, San Francisco, 1915.

Le Congrès *électrique* international se tiendra à San Francisco du 13 au 18 septembre 1915, sous les auspices de l'« American Institute of Electrical Engineers », par ordre de la « Commission électrotechnique internationale », et durant l'Exposition internationale Panama-Pacifique. Le Dr C.-P. Steinmetz a accepté la présidence honoraire du Congrès. Les discussions du Congrès seront réparties entre douze sections qui s'occuperont exclusivement d'électricité et de pratique électrique. Il y aura sans doute 250 Communications environ. Les premières invitations des membres seront publiées en février ou mars 1914.

L'attention est attirée sur la distinction à faire entre le Congrès électrique et le Congrès international des Sciences de l'Ingénieur qui se tiendra à San Francisco pendant la semaine qui suivra immédiatement le Congrès électrique. Ce congrès spécial comprendra les Sociétés d'ingénieurs civils, mécaniciens et maritimes, les Institutions d'ingénieurs des mines et électriciens, ainsi que les ingénieurs éminents de la Côte Pacifique, qui se sont activement occupés de son organisation. Ce congrès traitera de la science de l'ingénieur en général, les sujets électrotechniques étant limités à l'une des onze sections et devant comprendre environ 12 Communications sur les applications spéciales de l'électricité à la science de l'ingénieur.

La réunion de la « Commission électrotechnique internationale » se tiendra pendant la semaine qui précédera le Congrès électrique.

### *Trains spéciaux pour le Congrès électrique international, San Francisco, 1915.*

Des plans ont été projetés et sont déjà en bonne voie pour organiser un ou plusieurs trains spéciaux reliant l'Est des États-Unis à San Francisco, à l'occasion du Congrès électrique international de septembre 1915. Ces trains représenteront le dernier mot de la sécurité et du confort, et leurs itinéraires seront établis de façon à parcourir les plus beaux sites de la contrée.

Le programme préliminaire, qui sera soumis postérieurement en détail aux ingénieurs américains et étrangers pour l'expression de leurs préférences personnelles, comprend un tour circulaire d'une durée de 30 jours environ, avec séjours à Chicago, Colorado Springs, Salt Lake City, San Francisco, Santa Barbara et Los Angeles. Dans chacune de ces villes, des Comités locaux prendront des arrangements spéciaux pour assurer le confort et la distraction aux membres participants au voyage.

Il est prévu des visites à la « Royal Gorge », au cañon de la « Feather River »; à l'aller, une visite de 4 jours au Parc national de Yellowstone, et un arrêt de 24 heures au retour au « Grand Cañon ».

Si la demande est justifiée, un train spécial sera également prévu directement de Chicago à San Francisco pour ceux qui ont à prendre en considération le manque de temps.

Le Comité de transport du Congrès examinera en outre la possibilité d'un voyage maritime par le canal de Panama. Cela serait d'un intérêt considérable, surtout si des arrangements satisfaisants pouvaient combiner les trajets par terre et par eau.

---

## RÉSUMÉS DES COMMUNICATIONS ÉTRANGÈRES.

---

### **Sous-stations automatiques, par H.-R. SUMMERHAYES**

(*Amer. Inst. Elect. Engin.*, juin 1913).

L'auteur décrit une sous-station de la ville de Detoit qui fonctionne sans surveillance. Elle contient un seul convertisseur rotatif de 500 kw triphasé, 60 périodes, 4400 volts débitant du courant continu sur une ligne à 3 fils (125-250 volts). Cette machine est actionnée d'une autre station distante d'un mille (16 km) sans faire usage d'autre fil que du câble triphasé qui unit les deux stations. On applique d'abord au convertisseur le tiers de la tension, ce qui suffit à le faire démarrer et à l'amener au synchronisme en 20 ou 30 secondes. Dès qu'il est près du synchronisme, un dispositif automatique excite faiblement son champ, de façon à faire prendre la bonne polarité. On applique ensuite les  $\frac{2}{3}$  de la tension, puis la pleine tension; peu après un contacteur court-circuite la plus grande partie du rhéostat de champ, le convertisseur donne alors une tension un peu plus faible que la tension de service. On élève cette tension par un régulateur d'induction. Dès que la tension aux balais du convertisseur dépasse de quelques unités pour 100 celle des barres omnibus, un relais voltmétrique différentiel effectue le couplage; on règle la charge par le régulateur d'induction. L'ampèremètre et le phasemètre de la station de manœuvre permettent de s'assurer à distance de l'exécution des opérations successives. Il suffit de couper le courant alternatif pour arrêter le convertisseur; le réseau le fait alors fonctionner comme moteur, mais un relais à courant renversé le déconnecte des barres à courant continu. Le même relais à courant renversé fonctionne encore en cas de court circuit entre la centrale et la sous-station. Cette sous-station, après quelques accidents sans gravité au début du fonctionnement, est maintenant parfaitement au point. L'auteur préconise le développement des installations de ce genre qui n'exigent qu'une visite journalière et qui, en nombre suffisant, réduiraient de beaucoup le prix des feeders, ainsi que la main-d'œuvre et divers frais généraux.

### **Emploi industriel des moteurs synchrones, par John C. PARKER**

(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, juin 1913).

L'auteur recommande l'emploi du moteur synchrone lorsqu'on peut installer des unités de grande puissance, que les arrêts sont rares et qu'on n'est pas contraint de démarrer sous charge. Lorsque les lignes de transport d'énergie sont longues, il est très important d'avoir un bon facteur de puissance. Les compagnies devraient donc intéresser les consommateurs à l'amélioration du facteur de puissance par des tarifs avantageant les propriétaires de moteurs synchrones. L'auteur propose d'employer les moteurs synchrones, à maintenir constante la tension en différents points d'un réseau en compensant les kilovolt-ampères, en retard par des kilovolt-ampères en avance. Il préconise de sectionner les feeders par des réactances en série et de placer un moteur synchrone sur chaque section; des relais à potentiel constant effectueraient automatiquement le réglage d'une tension uniforme tout

le long de la ligne. L'auteur enfin examine sommairement certains dispositifs de liaison mécanique propres à faire travailler les moteurs synchrones sur des charges variables (pompes à piston, etc.).

**Démarrage des moteurs synchrones.** par F.-D. NEWBURY

(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, juin 1913).

L'auteur a étudié la question expérimentalement en faisant un grand usage de l'oscillographe. Les expériences ont porté sur deux alternateurs triphasés 200 à 150 kv-a, 2400 volts, 600 t. p. min. Les deux machines étaient munies d'amortisseurs système Leblanc qui ont servi au démarrage automatique. Les oscillogrammes qui illustrent la Communication montrent clairement les variations du courant d'excitation et du courant d'armature lors de l'accrochage par plusieurs modes de synchronisation. L'auteur tire de ses expériences les résultats pratiques suivants :

1° On diminue le couple au démarrage en fermant le circuit de champ; mais cet effet est faible quand le moteur est muni d'amortisseurs peu résistants et convenablement établis.

2° Lorsque le champ est ouvert, des tensions dangereuses sont induites dans les bobinages du circuit d'excitation. Si, pour obtenir un couple de démarrage élevé, on est conduit à employer une cage d'écuriel résistante et à démarrer à circuit de champ ouvert, il est nécessaire d'avoir un très bon isolement.

3° Dans les conditions ordinaires, on doit démarrer à circuit de champ fermé.

4° Les trois modes de synchronisation suivants (pris dans leur ordre) ont permis à l'auteur d'effectuer l'accrochage sous des charges de plus en plus grandes :

a. Sur la tension de démarrage ( $\frac{1}{3}$  de la tension de marche) sans excitation : 35 pour 100 de la charge normale;

b. Sur la tension de démarrage avec excitation : 60 pour 100 de la charge normale;

c. En appliquant la tension de marche avant le synchronisme : 92 pour 100 de la charge normale.

5° Pour les charges modérées, le courant de démarrage minimum est obtenu en surexcitant le moteur avant de changer la tension.

6° Pour les grosses charges, au contraire, il faut diminuer l'excitation avant de changer la tension.

7° Lorsqu'on applique la tension de ligne avant le synchronisme, on peut diminuer l'afflux de courant en faisant usage d'une réactance au moment où l'on passe de la tension de démarrage à la tension de ligne. On évite aussi le grand afflux de courant qui se produit lors de l'application du champ en différant celle-ci jusqu'à ce que le moteur soit très près du synchronisme, sinon au synchronisme même.

**Recherches expérimentales sur une ligne téléphonique artificielle à la fréquence 760,**

par A.-E. KENNELLY et F.-W. LIEBERKNECHT (*Amer. Inst. Elect. Engin.*, juin 1913).

(Description détaillée d'expériences faites sur une ligne téléphonique artificielle aérienne de 800 km de longueur.)

L'auteur s'est servi d'une ligne artificielle de laboratoire représentant une ligne de transmission de force sectionnée en dix parties qu'il a transformée en ajoutant des résis-

tances non inductives dans chaque section. Le courant était fourni par un alternateur à 760 périodes, fréquence voisine de la fréquence 795,8 (5000 radians par seconde) admise internationalement comme fréquence téléphonique type. Un transformateur abaissait la tension à quelques volts. Les mesures étaient faites au moyen d'un potentiomètre à courant alternatif Drysdale et d'un galvanomètre vibrant Duddell. Les valeurs du courant et du potentiel le long de la ligne calculées et observées ont concordé d'une façon assez satisfaisante. Les auteurs, après avoir examiné les nombreuses causes d'erreur qui peuvent affecter les mesures aux fréquences élevées, envisagent les moyens de perfectionner la technique de ce genre de mesures. En somme, les résultats qu'on peut obtenir au moyen d'une ligne artificielle ont une grande valeur pratique pour l'ingénieur, l'inventeur et l'étudiant. Cette Communication est suivie d'un index bibliographique.

**Transmission à tension constante**, par H.-B. DWIGHT  
(*Amer. Inst. Elect. Engin.*, juin 1913).

Cette Communication traite dans sa généralité le problème de la régulation la tension sur un réseau ou sur une ligne par des moteurs synchrones. Cette méthode a déjà été expérimentée avec succès sur de petits réseaux, mais c'est surtout sur les grands réseaux et sur les longues lignes que ses avantages sont incontestables. L'auteur examine la question au triple point de vue des avantages pour les abonnés, des frais de premier établissement et de l'efficacité du système. Il s'agit de régler la tension non seulement en survoltant les feeders du côté de la centrale, mais aussi en produisant des kilovolt-ampères en avance du côté des abonnés pour obtenir non pas la même tension sur tout le réseau, mais une tension constante en chaque point. En ce qui concerne les frais de premier établissement, il faut observer que la capacité d'une ligne peut être doublée (à 25 périodes) et même triplée (à 60 périodes) par cette méthode de contrôle, de sorte que pour les très longues distances (100 km et plus), lorsque le prix de la ligne dépasse de beaucoup le prix des machines, l'emploi des moteurs synchrones réalisera une économie. Les moteurs des abonnés fonctionnant en charge et étudiés pour les applications courantes ne conviendraient pas toujours au service demandé, aussi faut-il envisager des moteurs synchrones tournant à vide, sans autre fonction que de relever le facteur de puissance et de régler la tension.

Avec le système de régulation proposé l'établissement des longues lignes n'est plus entravé par des chutes de tension inacceptables, c'est la perte de puissance consentie dans la ligne qui sera la nouvelle limite; ainsi la longueur des lignes de transmission et l'étendue des réseaux pourront être augmentées et la fréquence 25 pourra être remplacée sur les longues lignes par une fréquence plus élevée. L'auteur termine par un tableau des avantages et des inconvénients du mode de régulation proposé et par deux projets sommaires de lignes (200 milles et 100 milles, soit 320 et 160 km), il indique quelques formules et quelques diagrammes utiles pour l'établissement d'une ligne à tension régularisée.

**Théorie de la chaînette non élastique et de la chaînette élastique avec applications aux lignes de transmission**, par C.-A. PIERCE, F.-J. ADAMS et G.-I. GILCHREST (*Amer. Inst. Elect. Engin.*, juin 1913).

Cette Communication donne les équations qui lient la longueur, la portée, la tension et la flèche d'un fil élastique et flexible. On déduit de ces équations les relations caractéristiques

de la chaînette ordinaire et trois relations donnant la tension, la longueur du conducteur et la flèche en fonctions les unes des autres. Les auteurs donnent une table permettant de résoudre aisément les problèmes numériques sur la chaînette ordinaire. Les formules de la chaînette élastique étant trop compliquées pour l'usage courant; il y a lieu de leur substituer d'autres formules approximatives, mais plus simples. Des expériences ont été faites sur une portée de 200 pieds (environ 70 m). Les résultats expérimentaux ont, dans leur ensemble, confirmé les calculs; toutefois les flèches calculées se sont trouvées un peu trop grandes. Les auteurs font amplement usage des fonctions hyperboliques et de la fonction de Guderman :

$$gd x = tg^{-1}(\sin hyp x), \quad gd^{-1} x = \sin hyp^{-1}(tg x).$$

**Réflexions sur la profession d'Ingénieur**, par William MC CLELLAN  
(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, juin 1913).

L'Ingénieur contemporain a deux séries d'ancêtres : les praticiens et les théoriciens. Le type moderne de l'ingénieur s'est pendant longtemps développé sous des aspects divers et même les écoles ont reflété cette diversité par leur tendance vers la spécialisation. Il en est résulté que la profession d'ingénieur n'est pas très définie, mais qu'elle représente une grande variété de professions.

C'est ce manque de cohésion qui a empêché les ingénieurs de jouer le rôle qui semble leur être dévolu dans la solution des problèmes économiques et qui les a empêchés de tenir le rang qui leur était dû dans les professions savantes.

Il est hors de doute que les collèges et les écoles techniques contribuent efficacement à réaliser cette cohésion, mais leur action est trop lente.

On a déjà plusieurs fois proposé de réunir en une seule association tous les ingénieurs américains; pour beaucoup de raisons, on a trouvé que ce projet était impraticable. L'auteur propose la formation d'une Association d'ingénieurs américains n'admettant pas d'affiliations individuelles, mais dont feraient partie toutes les associations d'ingénieurs actuelles qui y éliraient un certain nombre de représentants annuels. Les firmes commerciales et industrielles en seraient exclues.

**L'automatisme dans la téléphonie à longue distance**, par H.-M. FRIENDLY et A.-E. BURNS  
(*Amer. Inst. Elect. Engin.*, juin 1913).

Les auteurs décrivent un équipement destiné à connecter les échanges locaux indépendants sur les grandes lignes téléphoniques. Jusqu'ici la compagnie propriétaire de la grande ligne n'avait aucun contrôle sur les couplages des compagnies locales, ne pouvait exercer aucune discipline sur les opérateurs étrangers, ni leur imposer de règles de trafic.

L'un des dispositifs décrits a pour objet d'établir des couplages entre deux grandes lignes, chacune servant pour plusieurs échanges. Si une station quelconque placée sur une des lignes veut appeler une autre station placée sur l'autre ligne, l'opérateur peut, par des arrangements spéciaux (complètement décrits dans la Communication), s'assurer à distance que les couplages automatiques se font, que la ligne est libre et envoyer enfin le courant d'appel. L'auteur décrit divers autres arrangements du même genre qui ne peuvent être exposés dans un résumé et expliqués sans s'aider des schémas qui accompagnent la Communication même.



**Étude oscillographique de l'effluve**, par E. BENNETT  
(*Amer. Inst. Elect. Engin.*, juin 1913).

Cette Communication contient une description de la méthode et des appareils employés pour obtenir des oscillogrammes montrant la forme du courant de charge d'un conducteur de 3 m de long à des potentiels successivement inférieurs et supérieurs à celui du point d'effluves. Comme le courant était de l'ordre du milliampère, l'oscillographe était actionné par un transformateur d'intensité à rapport 100. Un grand nombre d'oscillogrammes ont été pris à différentes pressions et à différents voltages sur plusieurs conducteurs. Ces oscillogrammes mettent en évidence une dissymétrie marquée du courant; lorsque les effluves se sont formées, ils montrent la relation entre la puissance dépensée et la tension appliquée, le commencement des effluves après la fermeture de l'interrupteur, la tension où les effluves commencent à se produire et la différence importante entre les résultats obtenus suivant que la pression ambiante est plus ou moins élevée. Il y a un moment de la période où le courant a un accroissement subit; l'auteur appelle ce moment l'instant « d'ionisation intense ».

La déformation de l'onde de courant qui résulte du phénomène de « l'ionisation intense » s'observe en même temps que le bruissement et la décharge bleuâtre autour du conducteur. Les phénomènes observés varient beaucoup avec la pression de l'air ambiant. A la pression atmosphérique ordinaire, on n'a pu observer de différence entre la tension négative et la tension positive qui dans chaque période produisent « l'ionisation intense », mais aux pressions inférieures à 20 cm de mercure l'ionisation intense dans la demi-période où le fil est cathode commence à une tension moindre que dans la demi-période où il est anode. L'auteur a constaté qu'une relation du second degré liait la puissance dépensée à la tension appliquée dans le cas où il s'est placé : effluves entre deux surfaces cylindriques concentriques. La perte des propriétés isolantes de l'air ambiant doit se produire d'une façon tout à fait soudaine, comme on peut s'en rendre compte par les oscillations du courant que révèlent les oscillogrammes.

**Discussions relatives à l'évaluation de la température et à l'échauffement des machines et des câbles** (*Amer. Inst. Elect. Engin.*, septembre 1913).

M. E.-I. Chute fait observer que pour corriger le retard des indications des thermomètres placés au contact des machines en marche il y aurait lieu de faire retarder artificiellement le thermomètre qui mesure la température de la salle. Il a observé que la manière de couvrir les thermomètres placés au contact des machines influe beaucoup sur leurs indications; un thermomètre enveloppé de mastic marque à 80° C. de 5° à 8° de plus qu'un thermomètre enveloppé de feutre : cela tient à la ventilation et à la propagation de la chaleur dans l'enveloppe. Le thermomètre enveloppé de mastic retarde déjà lui-même de 0°5 C. L'auteur a fait des essais où il a comparé des thermomètres diversement couverts à un couple thermo-électrique; il les a rassemblés dans un Tableau.

M. R.-W. Atkinson donne des résultats d'essais et communique des Tables permettant de déterminer la température de régime permanent, ainsi que la température qui serait atteinte pour des charges de faible durée dans des câbles installés dans des conduits souterrains.

L'une des Tables indique le courant produisant une élévation de température de 25° C. dans des câbles de différents diamètres isolés par  $\frac{1}{8}$  de pouce (3,17 mm) de papier imprégné et couverts d'une gaine de plomb neuve et brillante; le rayonnement de la surface n'est dans ces conditions que le tiers de celui du corps noir; en peignant l'enveloppe en noir on réduit l'élévation de température de 20 à 25 pour 100. Les données de cette Table sont des valeurs « de sécurité »; en général l'élévation de température sera de 10 pour 100 moins élevée; une Table de corrections pour différentes épaisseurs de l'isolant montre la distribution de la température de l'âme à la périphérie du câble. Des Tables correspondantes sont données pour les câbles à trois conducteurs.

Comme les différents systèmes de conduits dans des sols divers, eux-mêmes à des températures impossibles à estimer, introduisent de nombreuses variables, la mesure directe de la température des conduits avec les nombres donnés par l'auteur sont encore la méthode la plus pratique de déterminer la température des installations. Dans le cas de simples conduits de terre cuite de 0,8 pouce (20 mm) d'épaisseur, dissipant librement sa chaleur dans toutes les directions, la différence de température entre la paroi intérieure et la paroi extérieure est de 0°,35 C. pour une perte de 1 watt par pied (0,305 m) de conduit. La meilleure méthode pour mesurer la température de la paroi intérieure du conduit est d'opérer de 30 minutes à 2 heures après que le courant a été coupé; le conduit change de température beaucoup plus lentement que le câble.

Des essais faits aux installations de Niagara Falls montrent que l'élévation de température du conducteur extérieur d'un système à 12 conduits est de 0°,67 C. par watt perdu par pied de longueur; dans le cas d'un conduit qui ne touche pas à la terre, cette différence atteint 0°,8. On ne possède pas de données suffisantes pour tirer des conclusions générales. L'auteur donne des chiffres indiquant le temps nécessaire pour atteindre différents pourcentages de la variation de température après un changement de la valeur du courant. Il présente une Table donnant le pourcentage de la température finale atteinte avec des charges de différentes durées. Des pertes de 1 watt par pied ont causé des élévations de température de 16°, 8°, 4°; ce qui montre que la partie du conduit qui accumule la chaleur est celle qui avoisine immédiatement le câble. Les Tables données pour la capacité de charge des câbles ne sont valables que pour les pertes ohmiques proprement dites; dans beaucoup de cas les pertes seraient notablement augmentées: pertes dans le diélectrique, dans l'enveloppe, par courants de Foucault (en général négligeables) dans les conducteurs voisins et surtout les pertes qui se produisent quand les enveloppes protectrices se touchent. Ces dernières pertes excèdent parfois les pertes ohmiques dans le conducteur.

**Lampes au tungstène à haut rendement**, par Irving LANGMUIR et J.-A. ORANGE  
(*Amer. Inst. Elect. Engin.*, octobre 1913).

Cette Communication est divisée en deux parties, dont la première traite surtout du noircissement des ampoules et discute les méthodes qui permettent d'éviter cet inconvénient, ce qui est un moyen d'augmenter le rendement lumineux de la lampe. On a généralement pensé que le noircissement était produit par des résidus gazeux qui adhéraient à la surface du verre ou étaient occlus dans le filament. De ces gaz, c'est la vapeur d'eau seule qui cause un noircissement sensible en oxydant le filament; l'hydrogène de l'eau est alors libéré, l'oxyde se volatilise et va se déposer sur l'ampoule où il est réduit par l'hydrogène en abandonnant une couche métallique, en même temps la vapeur d'eau est

reformée et le cycle recommence. Toutefois cette action n'est importante que dans les lampes mal vidées; dans les lampes où le vide a été poussé très loin, le noircissement est dû à l'évaporation même du tungstène. Deux procédés efficaces pour remédier en grande partie à cet inconvénient consistent : 1° à introduire dans l'ampoule des gaz tels que l'azote ou la vapeur de mercure à une pression voisine de la pression atmosphérique; 2° de profiter des courants de convection du gaz pour transporter le dépôt là où il est le moins gênant, spécialement en haut de l'ampoule.

La seconde partie de la Communication décrit en détail des lampes au tungstène à haut rendement lumineux qui peuvent être fabriquées grâce à l'introduction de l'azote dans l'ampoule. Ces lampes sont surtout intéressantes pour les grosses intensités (20, 30, 60 ampères). Les auteurs préconisent l'emploi de filaments roulés en hélice placés au bas de l'ampoule et portés à 2850° C. L'éclat intrinsèque du filament atteint alors 1200 bougies par centimètre carré. Des lampes de 1670 bougies, 30 volts, 25 ampères ont fonctionné pendant 1500 heures; des lampes sous quelques volts ont atteint 1000 heures en consommant de 0,6 à 1,25 watt par bougie; des lampes sous 110 volts fonctionnent en dépensant 0,5 watt par bougie. Ces lampes ont une lumière très blanche; quand leur filament se rompt, leur pouvoir lumineux n'a perdu en moyenne que 25 pour 100 depuis leur mise en service. La répartition de la lumière est bonne, on peut la modifier en disposant convenablement le filament.

**L'électrification des ateliers**, par Charles FAIR (*Amer. Inst. Elect. Engin.*, octobre 1913).

L'auteur considérant le prix élevé de la main-d'œuvre attire l'attention des manufacturiers sur l'intérêt des machines-outils, et sur la nécessité d'en tirer le maximum de rendement par un judicieux emploi de la force motrice. Le moteur doit être accouplé à la machine-outil par le plus petit nombre de transmissions possible.

**Relation entre la grandeur des usines génératrices et le prix de l'énergie**,  
par P.-M. LINCOLN (*Amer. Inst. Elect. Engin.*, octobre 1913).

L'auteur donne les trois principales raisons pour lesquelles une grande station centrale peut fournir l'énergie plus économiquement qu'une petite : 1° le prix par kilowatt des grandes unités est plus bas que celui des petites, ce qui réduit les frais de premier établissement et les charges annuelles fixes; 2° la marche d'une grande usine est relativement plus aisée que celle d'une petite, la grande usine peut admettre une organisation et des dispositifs économisant la main-d'œuvre dont il ne saurait être question dans une petite installation; 3° une grande station fournissant à beaucoup de clients l'énergie pour des usages variés a une courbe de charge assez uniforme pour fonctionner avec une puissance installée beaucoup moindre que celle qui serait exigée si chacune des parties de sa charge totale était alimentée séparément. L'auteur conclut que les seules raisons pour lesquelles les stations centrales ne fournissent pas toute l'énergie dans les régions qu'elles exploitent, c'est que leurs tarifs sont parfois hors de proportion avec le service rendu ou que le client a des raisons spéciales de ne pas utiliser le courant de la station centrale.

**Sous-stations industrielles,** par H.-P. LIVERSIDGE  
(*Amer. Inst. Elect. Engin.*, octobre 1913).

L'auteur désigne sous ce nom des sous-stations installées dans les locaux appartenant aux consommateurs et recevant l'énergie d'une station centrale. Il en retrace le développement récent. Ce système permet au consommateur de transformer le courant pour l'utiliser sous la forme qui lui convient le mieux : en général, il s'agit de transformer du courant alternatif en courant continu. Les considérations qui doivent guider l'ingénieur dans le projet d'une telle sous-station sont : 1<sup>o</sup> les questions d'emplacement disponible; 2<sup>o</sup> les nécessités des manœuvres et de l'entretien; 3<sup>o</sup> le danger d'incendie et la sécurité du personnel; 4<sup>o</sup> la question financière. L'auteur décrit une douzaine de telles sous-stations actuellement en fonctionnement aux États-Unis, et fournissant l'énergie à des industries variées : docks, pompes, usine frigorifique, manufactures de soie, de caoutchouc, de wagons, élévateurs de grains, etc. Il donne des vues de leur installation, ainsi que leur schéma, et les discute ensuite au quadruple point de vue cité plus haut en omettant toutefois d'entrer dans des détails économiques trop précis et en s'abstenant de toute critique relative à leur rendement.

**Sous-stations de convertisseurs installées dans les sous-sols,** par B.-G. JAMIESON  
(*Amer. Inst. Elect. Engin.*, juillet 1913).

Cette Communication traite principalement des moyens employés pour surmonter les difficultés qu'on rencontre pour installer des convertisseurs synchrones dans les sous-sols des bâtiments commerciaux. Dans la partie basse de Chicago, de telles installations se sont développées depuis 15 ans. Leur puissance totale est actuellement de 42 000 kw, elles desservent une superficie de 2,1 km<sup>2</sup> comprenant beaucoup de grands bâtiments commerciaux et alimentent 1940000 lampes de 50 watts en moyenne. Il y a deux classes de sous-stations souterraines : 1<sup>o</sup> celles du premier sous-sol, immédiatement au-dessous du niveau de la rue; 2<sup>o</sup> celles des sous-sols inférieurs. L'auteur donne des descriptions et publie des illustrations de la machinerie des sous-stations de la seconde classe; il expose quelques moyens employés pour installer les machines, pour ventiler et purifier l'air; il montre comment on a pu abaisser de 11° C. la température d'une sous-station de 5000 kw en dirigeant vers l'extérieur l'air qui a ventilé les machines. La difficulté d'avoir l'air nécessaire au refroidissement fait adopter le refroidissement par l'huile ou par l'eau, surtout pour les appareils fixes tels que les transformateurs et les régulateurs. L'auteur donne la description et le plan de la tuyauterie de circulation d'huile et d'eau d'un groupe de transformateurs de 3850 kv-a contenant chacun 11 730 litres d'huile. Les frais de maçonnerie pour adapter les sous-sols à l'installation des machines sont extrêmement élevés. La surface occupée pour des unités de 500 kw est de 0,088 m<sup>2</sup> par kilowatt et de 0,05 m<sup>2</sup> seulement pour les unités de 3500 kw. La Communication contient le plan et l'élévation d'une grande sous-station moderne de ce type. On pourra y installer 16 000 kw avec une batterie de 1875 kw. La surface occupée est de 985 m<sup>2</sup> et la hauteur de 7,9 m.

**Les machines électriques dans l'industrie du caoutchouc**, par C.-A. KELSEY  
(*Amer. Inst. Elect. Engin.*, juillet 1913).

Cette Communication décrit les différentes opérations de la fabrication du caoutchouc et donne des illustrations des machines employées. Le caoutchouc brut venant de la forêt ou de la plantation est nettoyé, longuement pétri et mêlé à des ingrédients variés pour former le composé final. Il est avantageux d'utiliser les machines électriques dans le travail du caoutchouc à cause de la facilité du réglage de leur vitesse. L'auteur conclut en comparant les méthodes causées pour régler la vitesse et met en lumière les perfectionnements à apporter à ce contrôle.

**Moteur monophasé à collecteur avec bobinages permettant de changer le nombre des pôles**, par J.-S. NICHOLSON et B.-P. HAIGH (*Inst. Elect. Engin.*, avril 1913).

Description d'un nouveau type de moteur monophasé, inventé par l'un des auteurs. Ce moteur est présenté comme moteur de traction quoiqu'il soit de petite taille et non blindé, ainsi réalisé pour faciliter les expériences. Ce qui différencie cette machine des autres moteurs à collecteur, c'est que ses bobinages permettent de changer le nombre des pôles. La Communication traite des principes mis en jeu par l'emploi de tels bobinages, donne une description du moteur d'expérience et un compte rendu des essais.

**Appareil pour l'amélioration du facteur de puissance**, par M. WALKER  
(*Inst. Elect. Engin.*, avril 1913).

Cette Communication, après un bref exposé théorique, donne la description d'un avanceur de phase construit par la British Westinghouse Co.

**La « Clyde Valley Power Co »**, par D.-A. STARR (*Inst. Elect. Engin.*, novembre 1912).

Historique du développement de la « Clyde Valley Electrical Power Co » depuis l'année 1902. Ce réseau contient deux centrales, l'une à Yoker et l'autre à Motherwell, dont la puissance totale est d'environ 27 000 kw. La puissance est transmise à 11 000 volts, puis abaissée à 3000 et finalement distribuée sous forme de triphasé à 230 volts. Le réseau à haute tension est en partie souterrain (bouclé) et en partie aérien. Les stations de Yoker et de Motherwell, malgré leur grand éloignement, sont réunies électriquement.

**Sur quelques facteurs à prendre en considération dans la marche en parallèle des alternateurs**, par A.-R. EVEREST (*Inst. Elect. Engin.*, mai 1913).

Dans la marche des alternateurs en parallèle, il se produit des troubles sérieux venant du pompage toutes les fois que l'ensemble du système n'a pas été étudié de façon que la période propre d'oscillation des machines soit très éloignée de la période des variations du couple des moteurs. Ce sujet a été souvent traité, mais les résultats de la pratique

sont parfois assez loin d'être d'accord avec les prévisions théoriques. Cela montre que quelques facteurs importants ont été négligés. Le but de cette Communication est de montrer quelle est l'importance de la correction à faire et de donner les moyens d'appliquer cette correction.

**Variations avec la vitesse angulaire des pertes dans les machines à courant continu.**

par W.-M. THORNTON (*Inst. Elect. Engin.*, avril 1913).

Le rendement des grands turbo-générateurs qui sont maintenant en usage est difficile à déterminer expérimentalement et, sauf dans le cas où l'on peut se procurer des machines séparées par paires, la méthode d'Hopkinson ne peut être convenablement appliquée. Il est pourtant nécessaire, quand on établit un projet nouveau, d'avoir quelques règles, tirées d'expériences antérieures, qu'on puisse étendre au cas présent. Toutes les pertes, et même, jusqu'à un certain point, les pertes dans le cuivre varient avec la vitesse, et l'une des préoccupations du constructeur est de déduire de l'expérience une expression des pertes s'appliquant à toutes les tailles de machines et à toutes les vitesses. La difficulté est surtout grande à l'heure actuelle à cause de l'accroissement rapide des dimensions. Pour établir une règle générale quelconque, il est d'abord nécessaire d'avoir des mesures exactes relatives à certaines tailles de machines et à certaines vitesses. La Communication donne le compte rendu de mesures faites sur un moteur Westinghouse de 7,5 chevaux, courant continu, 4 pôles, 1500 t. p. m. en marche normale. Ces mesures avaient pour objet de trouver une relation entre les pertes et la vitesse. Pour mesurer les pertes par ventilation, on a fait fonctionner la machine dans le vide. Un vaste réservoir métallique fabriqué spécialement pour ces essais était aménagé pour contenir la machine à essayer. On pouvait y abaisser la pression à quelques millimètres de mercure. Le moteur était entraîné par un moteur extérieur au moyen d'un petit arbre de  $\frac{1}{4}$  pouce (6,4 mm) de diamètre passant dans un presse-étoupe. On avait exactement déterminé au préalable le rendement du moteur d'entraînement dans les conditions de vitesse et de puissance où il fonctionnait. En général, on admet que l'ensemble des pertes dues aux frottements des paliers et à la ventilation obéit à une loi de la forme  $W = an^x$ , où  $x$  est égal à 1,5 environ,  $W$  représente la perte en watts,  $n$  la vitesse angulaire,  $a$  est un coefficient numérique. Arnold (mettant à profit les recherches de Tower, de Dettmar, de Stribeck et de Heimann) donne une formule pour les pertes dues au frottement des paliers pour les vitesses élevées et quand la température est comprise entre 40° C. et 100° C. Cette formule est

$$W = 9,8 \frac{K}{T} \cdot l \cdot d \cdot v,$$

où  $v$  est la vitesse linéaire de la surface frottante en mètres par secondes,  $l$  est la longueur et  $d$  le diamètre de l'arbre en centimètres,  $T$  est la température en degrés centigrades et  $K$  un coefficient voisin de 2 dépendant de la nature de l'huile employée. Aux basses vitesses (de 0,5 à 4 m par seconde) et sous les mêmes conditions de température, la formule est

$$W = 9,8 \frac{K}{T} \cdot l \cdot d \cdot v^{1,5}.$$

Il y a entre les deux régimes une période de transition qui correspond peut-être au passage d'un mouvement de tourbillonnement de l'huile à un mouvement de simple glissement.

Dans les grandes machines, la puissance perdue par la ventilation est loin d'être négligeable. L'habileté du constructeur consiste à diriger les courants là où ils peuvent être utiles pour le refroidissement et à supprimer ceux qui ne contribuent pas à cet effet ainsi que les tourbillons stationnaires. La loi des tourbillons gazeux conduirait à une expression dans laquelle la résistance au mouvement varierait comme le carré de la vitesse, la puissance varierait alors comme le cube; on admet généralement que les pertes par ventilation suivent cette loi. Cependant les expériences que cite l'auteur conduisent à adopter un exposant moins élevé. Les résultats de ces expériences ne peuvent se représenter exactement par une expression de la forme  $W = an^x$ . L'analyse des résultats conduit à adopter

$$W = an + bn^2 + cn^3.$$

Comme première approximation, on aurait trouvé pour la machine expérimentée :

$$W = 5,5.10^{-9}.n^3;$$

mais cette formule donnerait d'abord des valeurs trop faibles, puis, pour les vitesses moyennes, des valeurs trop fortes. Cette loi du cube qu'on adopte généralement caractérise une agitation extrême du fluide, cas où la résistance est proportionnelle au carré de la vitesse. L'existence d'un terme constant dans la résistance est un fait nouveau qui ne doit être admis qu'après avoir été confirmé par de nouvelles expériences. En admettant qu'aux vitesses modérées la loi  $W = an^{1.5}$  représente la ventilation et les frottements des paliers, et que, d'autre part, la ventilation seule suive la loi  $W = bn^2 + cn^3$ , on ne voit pas comment on peut arriver à la loi donnée par Arnold d'après laquelle la résistance est constante aux grandes vitesses sans admettre qu'un changement se produise dans la nature des frottements des paliers à une certaine vitesse.

La conclusion des expériences de l'auteur, c'est qu'il faut mettre les pertes par ventilation sous forme d'un binôme dont un terme correspond aux tourbillons et l'autre à des frottements superficiels (ces derniers donnent une résistance proportionnelle à la vitesse).

D'autres expériences semblent montrer que, dans la formule qui donne les pertes par frottement de l'arbre, l'exposant dépend sensiblement de la vitesse, ce qui permettrait de former la transition entre les deux formules d'Arnold :

$$W = bn^{1.5} \quad \text{et} \quad W = bn.$$

Des essais faits pour mesurer les pertes dans le fer montrent que la lamination des pôles influe non seulement sur les courants de Foucault, mais aussi sur les pertes par hystérésis. Pour les courants de Foucault, l'exposant est toujours égal à 2, mais le coefficient, après être resté constant aux basses vitesses, change à une vitesse critique.

#### **Les arcs à flamme jaune, par M. SOLOMON (*Inst. Elect. Engin.*, novembre 1912).**

L'auteur, après avoir donné une classification des différents charbons pour arcs, discute les mérites respectifs des charbons Bremer et Blondel et décrit des expériences sur la vitesse de consommation des charbons « Excello » et sur d'autres marques. Il donne une table montrant que la vitesse de consommation du charbon « Excello » est de 27 à 30 mm à l'heure suivant l'intensité du courant. La dépense horaire pour les charbons pleins est de 0,0126 fr à 0,0181 fr, et pour les charbons minéralisés de 0,0181 fr à 0,0256 fr. L'auteur

décrit ensuite des dispositifs photométriques grâce auxquels il a obtenu des courbes polaires pour les lampes « Excello », Jandus, Angold, Crompton-Blondel, etc. Il donne des tables résumant les résultats d'essais sur les charbons Blondel et sur les charbons à flamme jaune. Les watts par bougie hémisphérique moyenne pour diverses intensités varient de 0,095 (Blondel) à 0,37 (Régénératif).

**Avertisseur public d'incendie système « Knight »**, par E.-E. MOORE (*Inst. Elect. Engin.*, mai 1913).

Cette description ne peut être résumée utilement.

**Sur la stabilité de couplage des alternateurs**, par OSc. COLARD (*Société belge d'Électriciens*, août 1913).

L'auteur étudie le problème uniquement au point de vue mathématique et en tire des déductions du plus haut intérêt.

Partant de la notion de l'alternateur résultant, il étudie différents cas :

- 1° Deux alternateurs identiques, identiquement excités fonctionnant en parallèle;
- 2° Deux alternateurs identiques, identiquement excités fonctionnant en série;
- 3° Alternateur mis en parallèle avec un groupe important d'autres alternateurs.

Recherchant ensuite l'influence de la vitesse sur le décalage de la force électromotrice, il applique ses conclusions aux trois cas précités.

Enfin, en partant de la théorie du pendule, l'auteur retrouve les conditions déjà connues à réaliser pour assurer une stabilité suffisante au couplage des alternateurs.

**Note sur l'établissement du réseau d'éclairage et de distribution d'énergie de la ville d'Odessa**, par H. SCOUMANNE (*Société belge d'Électriciens*, septembre 1913).

L'auteur donne une description détaillée des différentes installations de ce réseau : cabines de transformation, établissement des lignes souterraines et aériennes, etc.

L'usine centrale se trouve à proximité de la mer. Elle comprend trois turbo-génératrices de 3000 kv-A, type A. E. G. La place a été prévue pour deux nouvelles unités de 6000 kv-A chacune. Le courant est produit à 6000 volts et sous 50 périodes.

Les chaudières, au nombre de trois, sont du type Babcock et Wilcox. Elles ont une surface de chauffe de 580 m<sup>2</sup> et travaillent à 13 atmosphères. Elles sont munies de réchauffeurs et de surchauffeurs et peuvent être chauffées soit au naphte, soit au charbon.

Quant au chargement, il est automatique et du type Underfeed.

**La question de la traction électrique en Belgique**, par J. CARLIER (*Société belge d'Électriciens*, octobre 1913).

Après un exposé introductif, l'auteur examine la question de l'électrification des chemins de fer en Belgique. Déjà l'emploi de locomoteurs comme celui du New-York Railway supprime la charge parasite du tender.



Les voitures automotrices permettent une solution plus avantageuse. A vrai dire, les équipements sont plus compliqués, la simplicité et la faculté d'exploitation moindres, mais ce système proportionne d'une manière absolue la puissance de traction aux charges utiles.

Dans le cas de traction par automotrices à courant continu ou alternatif, le poids par voyageur transporté est, somme toute, inférieur à celui de la traction à vapeur.

Au point de vue économique, en admettant le kilowatt-heure au troisième rail à 0,06 fr et une perte de 30 pour 100 du troisième rail à la jante des roues motrices, on arrive au prix de revient de 0,078 fr.

Dans certains essais de locomotives à vapeur, on a atteint des valeurs inférieures : 0,042 à 0,0658 fr; mais on doit majorer ces chiffres pour tenir compte des nombreux aléas tels que mise sous pression, arrêts fréquents, travail mal proportionné, etc.

Les dépenses d'entretien sont en faveur du système électrique et, en s'appuyant sur certaines données empruntées à l'administration des chemins de fer de l'État belge, M. Carlier prévoit une économie de 35 pour 100.

Enfin, l'auteur cite quelques chiffres d'un récent Mémoire de M. Hobart confirmant ses prévisions.

**Actions d'un courant électrique et d'un champ magnétique transversal sur la magnétisation du fer**, par M. le professeur Alexandre AMERIO (*Atti dell'Associazione elettrotecnica italiana*, 15 décembre 1913).

A l'aide d'un tube de Braun, l'auteur étudie comment varient les cycles d'hystérésis présentés par des fils, ou des tubes de fer parcourus par des courants électriques, ou placés dans des champs magnétiques transversaux.

Les courants et les champs suffisamment intenses annulent la surface du cycle d'hystérésis.

Deux dispositions servent à montrer que cet effet ne dépend pas d'une action directe du courant, mais qu'il relève du champ magnétique produit par le courant lui-même, se superposant au champ magnétisant.

L'effet est différent si le courant est alternatif et il dépend aussi de la différence de phase entre les deux courants qui produisent les deux champs magnétiques.

Des expériences faites jusqu'à la fréquence de 8200 n'ont montré rien de particulier dans le phénomène et enfin des expériences thermiques confirment que, avec la diminution de l'aire d'hystérésis, il y a aussi une diminution dans la production de chaleur.

**Les distances explosives dans les installations électriques**, par M. l'ingénieur Gino REBORA (*Atti dell'Associazione elettrotecnica italiana*, 15 décembre 1913).

Les valeurs des distances explosives dépendent, toutes choses égales d'ailleurs, de la forme et des dimensions des électrodes. Dans cette étude l'auteur a recherché quelle loi suivent les décharges qui ont lieu entre conducteurs et parois en maçonnerie et en béton.

De nombreux essais ont permis à l'auteur d'établir une loi variable dans les cas pratiques :

1° L'auteur a disposé en diagramme les hauteurs des isolateurs modernes de tableau

(entre 3000 et 110 000 volts). Ces valeurs déterminent en effet la distance entre conducteurs et terre;

2° L'auteur a examiné un grand nombre de distances minima constatées entre conducteurs et terre dans 30 installations en Italie et à l'étranger (3000-110 000 volts);

3° L'auteur a établi une série d'essais dans le but de mesurer les distances explosives entre conducteurs différents en maçonnerie, béton, châssis en fer, etc.

**Résultats.** — Les hauteurs des isolateurs disposées en diagramme donnent comme limite inférieure une courbe presque coïncidente avec celle des distances minima observées dans les installations.

Les distances explosives relatives aux conducteurs (fils et barrettes) terminés en pointes dirigées contre des parois en briques ou béton, sont remarquablement inférieures à celles qui correspondent à deux pointes d'aiguilles.

Les mêmes conducteurs disposés de côté (parallèlement à la paroi) donnent des valeurs analogues à celles des aiguilles.

Pour les conducteurs tubulaires, les distances explosives sont égales à celles entre aiguilles, ou bien plus grandes que celles-ci.

**Conclusion.** — Les diagrammes annexés donnent le moyen de juger de la tension à laquelle un conducteur peut se décharger. Ils servent à évaluer le coefficient de sécurité relatif aux installations en fonctionnement et constituent une contribution remarquable pour la détermination des installations à l'étude.

**Système d'éclairage par lampes à incandescence en série et transformateurs à courant constant**, par M. l'ingénieur professeur G.-G. PONTI (*Atti dell'Associazione elettrotecnica italiana*, 15 décembre 1913.)

**Sur la mesure du travail d'hystérésis exécutée avec un électrodynamomètre balistique**, par G. LIGNANA, ingénieur (*Atti dell'Associazione elettrotecnica italiana*, 31 décembre 1913).

L'auteur étudie l'application de l'électrodynamomètre balistique à la détermination du travail dépensé par l'hystérésis pour un cycle complet. La méthode est plus rapide que la méthode du galvanomètre balistique et aussi précise. Il donne ensuite un nouveau schéma de montage du wattmètre, schéma qui permet d'utiliser le mieux possible cet appareil.

**La théorie du coup de bélier**, par L. ALIEVI, ingénieur. Note IV<sup>e</sup> (*Atti dell'Associazione elettrotecnica italiana*, 31 décembre 1913).

L'auteur, fait dans cette Note, l'application de la théorie générale à l'étude des séries de contre-coups par lesquels, après l'arrêt de l'obturateur, s'effectue le retour de la conduite à l'état de régime. Au moyen de la double méthode graphique et analytique, l'auteur étudie d'abord les lois générales du retour au régime et précise les conditions dans lesquelles ce retour peut donner lieu à des charges de valeur négative ou imaginaire, c'est-à-dire à des phénomènes qui amènent des discontinuités dans la colonne liquide. L'auteur étudie et discute enfin les lois des contre-coups de dépression qui peuvent se produire

après une manœuvre de fermeture complète, ainsi que des contrecoups de surpression qui peuvent se produire après une manœuvre d'ouverture; il présente quelques diagrammes et abaques graphiques se référant aux cas qui présentent un réel intérêt technique.

Dans un Appendice à la Note, l'auteur donne la genèse des formules se référant à la résistance des tuyaux à l'écrasement par surpression extérieure qu'il avait publiées dans le *Manuel de Colombo* depuis 1906, et en fait l'application au calcul de cornières de raidissement.

**Sur la décharge disruptive**, par M. H.-J. PROUMENI  
(*Société belge d'Électriciens*, séance du 17 janvier 1914).

Dans les phénomènes d'ionisation, le courant suit d'abord la loi d'Ohm, puis il tend vers une valeur constante. Aux basses pressions, lorsque, cette valeur étant atteinte, le potentiel continue de grandir, la courbe du courant d'ionisation montre un nouvel accroissement : c'est l'ionisation par chocs qui commence. Les ions négatifs sont les premiers à entrer en activité; ce n'est qu'aux potentiels élevés que les ions positifs acquièrent l'énergie critique nécessaire pour scinder en deux ions, par choc, les molécules gazeuses.

La décharge disruptive se produit quand le courant continue de passer après la cessation de l'action excitatrice des rayons ultraviolets ou des rayons X. Entre deux électrodes constituées par des pointes, dans l'air atmosphérique, cette décharge est amorcée, non pas par les rayons ultraviolets, mais par des ions préexistant dans l'atmosphère et que le champ précipite vers les électrodes où ils engendrent l'ionisation par chocs. Le phénomène de la décharge ne réside pas sur les pointes, car celles-ci n'émettent pas d'ions ou n'en dégagent que peu sous l'action de la lumière, il siège dans le diélectrique ionisé. Différents clichés photographiques obtenus par l'auteur sont donnés à l'appui de ces assertions, auxquelles ils apportent une confirmation très satisfaisante.



## BIBLIOGRAPHIE.

---

**Les rayons ultraviolets et leurs applications.** — *Les lampes à vapeur de mercure*, par l'INSTITUT SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIEL. Paris, Édition du *Mois scientifique et industriel*, 1913; un vol. in-8°.

Les Mémoires qui signalent les applications ou exposent les qualités nouvelles des rayons ultraviolets étaient jusqu'à présent épars dans les comptes rendus des Sociétés savantes ou dans les journaux scientifiques. Ils sont réunis, dans cet Ouvrage, sous une forme concise et pratique.

Après la définition et l'énumération des propriétés physiques, chimiques, biologiques, des rayons ultraviolets, l'Ouvrage étudie en détail les lampes à vapeur de mercure; il contient la monographie des principaux types de lampes, les divers systèmes d'allumage, les procédés employés pour modifier la coloration habituelle des lampes à tube de verre, l'application au redressement des courants alternatifs et les applications médicales. Les applications des rayons ultraviolets à la stérilisation font l'objet d'un Chapitre spécial.

**Les nouveaux horizons de la Science**, par H. GUILLEMINOT. Tome II : *L'Électricité, les radiations, l'éther. Origine et fin de la matière*. Paris, G. Steinheil, 1913; un vol. in-8°.

Ce Livre n'a que des rapports assez lointains avec l'Électrotechnique, mais il est difficile de se désintéresser des grandes théories scientifiques actuelles.

L'auteur étudie la théorie électronique, la théorie ondulatoire de la lumière, les rayons hertziens, la radioactivité et la désintégration de la matière, et enfin, après les grandes théories cosmogoniques, les lois de l'évolution de l'énergie.

« Je crois, dit l'auteur, à propos des lois de Képler, que si l'esprit ne peut avoir la prétention d'embrasser toutes les connaissances humaines, s'il doit souvent se contenter d'admettre pour démontrées les conclusions de savants spécialisés dans une branche de la science, il est bon, toutes les fois qu'on le peut, de donner au lecteur au moins un commencement de preuve, de lui montrer comment, en consacrant un peu de temps et d'effort à l'étude de la question ébauchée, il pourra arriver à parfaire sa connaissance ».

C'est dans cet esprit qu'est conçu le Livre.

**Le gaz pauvre est-il réellement avantageux?** par l'INSTITUT SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIEL. Paris, Édition du *Mois scientifique et industriel*, 1913; un vol. in-8°.

On est quelquefois amené à se demander si le gaz pauvre est plus avantageux, pour la production de la force motrice, que la vapeur, en entendant parler de certains ennuis auxquels il a donné lieu.

Il est donc très intéressant, surtout pour les moyennes puissances, de comparer attentivement le moteur à gaz pauvre et la machine à vapeur. L'Ouvrage cité compare le gaz pauvre et la vapeur aux points de vue suivants :

Différence dans les phénomènes de la combustion, rendement thermique puissance et

régularité du moteur à gaz pauvre, économie de combustible, main-d'œuvre, encombrement, graissage, consommation d'eau, souplesse, dépense d'installation.

L'Ouvrage étudie ensuite les sujétions propres au gaz pauvre (combustible de choix, épuration, gazomètre, dangers d'empoisonnement) et donne quelques indications sur les applications du gaz pauvre au chauffage.

**Notions sur les accumulateurs électriques, par P. GADOT;**

1 vol. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1913.

Les divers phénomènes électrochimiques qui se produisent dans les accumulateurs sont assez peu connus pour que le doyen des constructeurs de ces appareils ait jugé utile de publier un résumé de sa longue expérience en la matière.

Très documenté, ce petit Livre sera certainement accueilli avec faveur par le grand nombre d'industriels et de spécialistes, de propriétaires d'accumulateurs électriques et de personnes en faisant usage, — voire par les professeurs, — que la question intéresse à des points de vue différents; les inventeurs y puiseront quelques bons conseils qui leur épargneront beaucoup de recherches et bien des désillusions.

M. P. Gadot y a condensé des notions pratiques et théoriques sur l'accumulateur au plomb, le plus couramment employé, en s'imposant comme règle d'être rigoureusement d'accord avec l'exactitude scientifique; il y fait un exposé complet de la *théorie de la double sulfatation* et une étude des surfaces du plomb divisé qui est une nouveauté géométrique et physique très curieuse.

**L'électricien amateur à l'entraînement, par M. G. MIS;**

1 vol. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1914.

Poursuivant l'œuvre de vulgarisation récréative commencée par son Livre : *L'Électricité domestique*, M. G. Mis décrit, dans le présent Ouvrage, toute une série de nouveaux travaux d'amateur, faciles à réaliser grâce aux explications précises qu'il donne sur les moyens simples qu'il a employés pour les effectuer lui-même.

**Bibliothèque de l'enseignement technique. Travaux pratiques d'électricité industrielle,**  
par M. P. ROBERJOT; 3 vol. Paris, H. Dunod et E. Pinat:

L'enseignement technique des Écoles pratiques doit avant tout répondre à un besoin industriel. Or, considère l'auteur, l'industrie électrique a besoin comme toute autre industrie d'ingénieurs et d'ouvriers, mais plus que tout autre de *contremaîtres* pourvus de sérieuses connaissances en électricité, et c'est pour ceux-là, plus précisément, que sont créées dans ces Écoles, les Sections spéciales d'électricité.

Pénétré de cette pensée et de la mission qui, dès lors, lui incombait pour une part, M. Roberjot s'est appliqué spécialement à former des élèves à la pratique éclairée des travaux d'usine, des diverses installations, du contrôle et de la bonne marche des machines électriques, de l'emploi des appareils de mesure, etc., ne négligeant aucune occasion pour accroître l'outillage de son laboratoire et tenir son enseignement au courant des plus

récentes données scientifiques. C'est ce qui ressort du programme bien compris des travaux pratiques qu'il fait exécuter à ses élèves, ainsi que des connaissances théoriques que l'auteur professe depuis plus de 10 ans à l'École de Reims, programme qu'il développe magistralement dans son Ouvrage en trois Tomes : *Travaux pratiques d'électricité industrielle*.

Si les élèves ont répondu aux efforts du maître et poursuivi la carrière pour laquelle il les a préparés, on peut affirmer que l'industrie électrique retirera de notables avantages de la présence dans ses rangs de ces ouvriers d'élite.

**TOME I : Des mesures industrielles.** — Dans cette première Partie de son Ouvrage, l'auteur s'est proposé : 1<sup>o</sup> d'exposer les principales méthodes de mesure utilisée dans la pratique industrielle; 2<sup>o</sup> d'habituer les élèves à se servir des appareils de mesure et à se rendre compte de l'ordre de grandeur des quantités électriques et magnétiques mises en jeu; 3<sup>o</sup> de faire vérifier, lorsque l'occasion s'est présentée, les principales lois de l'Électrotechnique.

Des exercices d'application, judicieusement appropriés aux sujets traités, accompagnent chacun des treize Chapitres de ce Volume.

**TOME II : Étude des machines électriques; propriétés; essais.** — Faire vérifier les propriétés des machines et exécuter les essais courants qu'on opère soit aux plates-formes des usines, soit sur des machines en service dans les ateliers, tel est le double but que l'auteur s'est proposé d'atteindre dans cette deuxième Partie.

A cet effet, les divers Chapitres qui la composent et qui sont suivis d'exercices pratiques, sont consacrés successivement : à l'organisation d'un laboratoire d'électricité; aux vérifications expérimentales des propriétés d'une génératrice à courant continu; aux propriétés des machines à courant continu suivant le mode d'excitation et à leurs caractéristiques; aux essais de réception; au rendement; aux vérifications expérimentales des propriétés des moteurs à courant continu; aux propriétés des différents types de moteurs et à leur rendement; aux défauts et accidents; à l'étude des alternateurs; aux transformateurs; aux moteurs synchrones et aux commutatrices; enfin, aux moteurs asynchrones.

Toutefois, l'auteur prend soin de faire observer qu'il a dû recourir, en certain cas et notamment à propos des machines à courant alternatif, à des démonstrations « manquant de rigueur » afin de ne pas outrepasser le niveau des connaissances mathématiques des élèves; il s'est borné alors à signaler les points admis plutôt que démontrés et la justification par l'expérience des hypothèses faites.

**Installations téléphoniques.** — *Guide pratique à l'usage du personnel des P. T. T. et des monteurs électriciens*, par M. J. SCHILS (3<sup>e</sup> édition); 1 vol. Paris, H. Dunod et E. Pinat; 1913.

La première Partie de cet Ouvrage, destiné plus spécialement aux agents du service technique des téléphones et des monteurs électriciens, donne des notions sur l'énergie en général et sur l'énergie électrique et magnétique en particulier; la deuxième est consacrée à l'étude du téléphone, du microphone et des appareils accessoires; la troisième comprend l'étude des tableaux-commutateurs pour postes principaux d'abonnés et bureaux centraux; la quatrième s'occupe des moyens employés pour rechercher les dérangements; enfin, la cinquième Partie est affectée à l'étude sommaire des grands bureaux desservis par des commutateurs multiples ordinaires et à batterie centrale.

A noter l'adjonction à cette dernière édition d'une nouvelle théorie de l'induction qui a permis à l'auteur d'expliquer, d'une manière satisfaisante, les effets de l'induction à ceux de ses élèves qui, ne se contentant pas de les constater, demandaient à en connaître la cause.

**Encyclopédie électrotechnique**, par un Comité d'ingénieurs spécialistes. Fascicules 17 et 18 : *Accumulateurs électriques*, par G. PAILLARD. Paris, L. Geisler, 1912; 2 vol. in-8°.

Cet Ouvrage, orné de nombreuses figures, constitue une étude complète de l'accumulateur, au point de vue industriel. Le Tome I est consacré à l'étude des données générales des accumulateurs, à la théorie de la charge et de la décharge et à la fabrication des accumulateurs. Le Tome II renferme les méthodes d'essais, les propriétés et les monographies des accumulateurs au plomb.

L'auteur, après avoir rappelé les définitions et les généralités sur les couples électrochimiques, étudie les phénomènes qui accompagnent le passage du courant dans les différents types d'accumulateurs; puis il indique les différents modèles de plaques, jusqu'aux perfectionnements les plus modernes, les procédés de fabrication des plaques, d'empâtage, les méthodes de formation des éléments. Le deuxième Tome renferme les données plus particulièrement pratiques et concernant directement l'emploi des accumulateurs. On y passe en revue les déterminations des différentes caractéristiques, différence de potentiel, résistance intérieure, capacité, rendement. Suivent les propriétés relatives à ces mêmes caractéristiques, et à l'influence qu'ont sur elles les conditions d'emploi. Après une série de monographies des accumulateurs au plomb français et étrangers, l'auteur consacre la fin de son Ouvrage à l'accumulateur Edison.

**Installations électriques de force et lumière. Schémas de connexion**, par Ad. CURCHOD. 2<sup>e</sup> édition. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1913; 1 vol. in-8° (avec planches).

Cet Ouvrage est destiné par M. Curchod à des praticiens, son but est de leur simplifier leur tâche dans les études d'installations électriques. Il réunit, sous forme schématique, les solutions de quelques-uns des problèmes qui se présentent le plus fréquemment dans l'établissement des connexions reliant entre elles les machines électriques. Le nombre des problèmes étudiés a été notablement augmenté dans cette seconde édition, qui comprend 75 planches représentant les schémas relatifs à des installations en courant continu et alternatif. Cet Ouvrage est appelé à rendre des services analogues à ceux qu'on attend d'un formulaire, en économisant le temps qu'on passerait à retrouver la disposition d'un montage connu.

**Les Classiques de la Science**, Tomes I, II, III et IV. Paris, Armand Colin, 1913; 4 vol. in-8° (avec planches hors texte).

Un groupe de physiciens et de chimistes ont entrepris de réunir dans de petits Opuscules les travaux de leurs devanciers sur certains points de la Science aujourd'hui bien établis, travaux qui sont cités dans tous les Ouvrages, mais qu'il n'est pas toujours sans intérêt de revoir dans les Mémoires originaux.

Le premier Volume, consacré à l'air, à l'acide carbonique et à l'eau, contient des Mémoires de DUMAS, de STAS, de BOUSSINGAULT et de courtes Notices biographiques sur ces savants. — Le deuxième Volume, est consacré à l'œuvre de FOUCAULT sous le titre : *Mesure de la vitesse de la lumière et Étude optique des surfaces.*

Avec l'eau oxygénée et l'ozone, le troisième Volume donne des extraits des Mémoires de THÉNARD, SCHÖENBEIN, DE MARIGNAC, SORET, TROOST, HAUTEFEUILLE et CHAPPUIS.

Le quatrième Volume enfin sous le titre : *Molécules, atomes et notations chimiques*, nous résume les travaux de GAY-LUSSAC, d'AVOGADRO, d'AMPÈRE, de DUMAS, de GAUDIN, de GERHARDT.

D'autres Volumes du même genre nous sont annoncés. Nous ne pouvons que remercier MM. H. Abraham, H. Gautier, H. Le Chatelier et J. Lemoine de la tâche qu'ils se sont imposée en assurant la publication de ces classiques.

**Cours de Physique générale à l'usage des candidats au certificat de Physique générale, au diplôme d'ingénieur électricien et à l'agrégation des Sciences physiques.** par H. OLLIVIER.  
Tome I. Paris, Hermann et fils, 1913; 1 vol. in-8°.

Cet Ouvrage est la reproduction des leçons faites par l'auteur à la Faculté des Sciences de Lille.

Ce premier Volume comprend l'étude de la gravitation, les phénomènes d'électrostatiques, le magnétisme, l'étude des courants électriques, l'exposé de nos connaissances et de nos idées actuelles sur les ions et sur les électrons. Enfin une dernière Partie est réservée aux phénomènes de symétrie.

Signalons, dans la partie réservée à l'étude des courants, trois Chapitres consacrés à l'électricité industrielle. Nous pouvons même ajouter que nous n'étions pas habitués à trouver dans les Ouvrages de Physique des renseignements aussi étendus et aussi précis sur l'industrie dont nous nous occupons. Écrit pour des étudiants, cet Ouvrage pourra aussi rendre des services à ceux qui voudront se mettre au courant des progrès de la Physique, et est appelé, croyons-nous, à un grand succès.

**Notions générales sur la Radiotélégraphie et la Radiotéléphonie.** par R. DE VALBREUZE.  
6<sup>e</sup> édition entièrement remaniée et mise à jour. Paris, Ch. Béranger, 1914; 1 vol. grand in-8°.

Nous avons déjà rendu compte à plusieurs reprises de l'Ouvrage de M. de Valbreuze, lors de l'apparition des éditions successives.

Bornons-nous à dire que cette sixième édition est un Ouvrage fort documenté, rendant parfaitement compte de l'état de la télégraphie sans fil à la fin de 1913.

**La Téléphonie à grande distance et la Téléphonie sans fil,** par Paul DRUMAU. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1913; 1 broch. in-8°.

Dans cet Opuscule d'une soixantaine de pages, l'auteur commence par expliquer par des analogies le principe des dispositifs imaginés par Pupin et Krarup pour permettre la téléphonie à grande distance en évitant l'affaiblissement dû aux longues lignes. Il



donne ensuite les formules qui permettent d'étudier la propagation des courants téléphoniques sur les lignes et termine par quelques mots relatifs à la téléphonie sans fil.

C'est un Ouvrage qui sera certainement lu avec fruit par beaucoup d'électriciens.

**Cours d'Electrotechnique générale et appliquée. — Electrotechnique générale. Tome I :**

*La dynamo à courant continu*, par SWYNGEDAuw. Paris et Liège, Librairie Polytechnique, Ch. Béranger, éditeur; 1 vol. in-4°.

Cet Ouvrage est le premier Tome d'un Cours d'Électrotechnique en 6 volumes. Ce cours est divisé en deux parties : la première, se rapportant à l'Électrotechnique générale et théorique; la deuxième ayant pour objet l'Électrotechnique appliquée. L'auteur a, dans un but de clarté fort louable, tenu à séparer nettement les deux parties, voulant donner à l'élève une formation théorique solide avant d'aborder l'application pratique.

L'Ouvrage sur la dynamo est le premier des trois volumes constituant la première partie. Un résumé succinct des lois de l'Électricité, placé au début, rappelle les notions générales servant de base à l'étude du courant continu. Les onze Chapitres suivants contiennent l'exposé de la théorie générale des dynamos, s'appliquant tant à la génératrice qu'au moteur et à tous les modes d'excitation. Les cinq derniers Chapitres comprennent l'étude des propriétés des génératrices et moteurs suivant le mode d'excitation, et quelques idées générales sur les distributions d'énergie.

L'Ouvrage est composé à l'aide de deux sortes de caractères typographiques, le texte en petits caractères comprenant des additions importantes, mais qui peuvent être passées dans une première lecture.



## LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite)

---

**La Bibliothèque est ouverte aux Membres de la Société, tous les jours  
de 3 heures à 6 heures, excepté les dimanches et jours de fêtes,  
12. rue de Staël.**

---

### France.

*Annuaire de l'Électricité*, édité par la *Lumière électrique*. Paris, 142, rue de Rennes, 1914; 1 vol. in-8° carré, cartonné. (*Don de l'éditeur.*)

*Appareillage d'interruption*, par L. BARBILLION et E. POIRSON. Paris, L. Geisler, 1913; 1 vol. in-8°, broché (*Encyclopédie électrotechnique*, 29<sup>e</sup> fascicule). (*Don de M. Barbillion.*)

*Classiques de la Science (Les)*. — I : *L'air, l'acide carbonique et l'eau*. Mémoires de J.-B. DUMAS, STAS et BOUSSINGAULT. — IV : *Molécules, atomes et notations chimiques*. Mémoires de GAY-LUSSAC, AVOGADRO, AMPÈRE, DUMAS, GAUDIN et GERHARDT. Paris, Arm. Colin, 1913; 2 vol. in-8°, brochés. (*Don de l'éditeur.*)

*Cours de Physique générale. Leçons professées à la Faculté des Sciences de l'Université de Lille*. Tome I. Paris, A. Hermann et fils, 1913; 1 vol. in-8°, broché. (*Don des éditeurs.*)

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

# ÉLECTRICIENS.

---

## SOMMAIRE.

Compte rendu de la réunion mensuelle du 4 février 1914 : Admission de Membres titulaires, p. 126. — Dons au Laboratoire et à l'École, p. 128. — Congrès de Lyon p. 128. — Dynamos pour l'éclairage des automobiles (M. H. Armagnat), p. 129. — Observations (MM. Jacquin, Debains, Marius Latour), p. 154. — Nouvel appareil pour la mesure des joints de rails (M. Lebaupin), p. 159. — Observations (MM. Grassot, Guéry, Lebaupin, Mazon), p. 180. — A propos de transformateurs (M. P. Girault), p. 187.

RÉSUMÉ DES COMMUNICATIONS ÉTRANGÈRES, p. 255.

BIBLIOGRAPHIE, p. 265.

OUVRAGES OFFERTS, p. 268.

---

## COMPTE RENDU

DE LA

## REUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 4 février 1914 (1).

---

PRÉSIDENCE DE M. D. BERTHELOT.

La séance est ouverte à 20 h 40 m.

Le procès-verbal de la dernière réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts (*voir* p. 268), de dons pour le Laboratoire et l'École et des demandes d'admission suivantes :

---

(1) La Société n'est pas solidaire des questions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

- Aguerre** (Josè-Maria), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 40, boulevard des Invalides, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Arvis** (René), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 19, boulevard Saint-Marcel, à Paris. — Présenté par MM. Desvignes et Pasquier.
- Bailleur** (Paul-Constant-François-Victor), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 8, rue Edme-Guillout, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Barret** (Maurice), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 63, rue de la Faisanderie, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Bascou** (Alexandre), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 21, rue de Vouillé, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Boudeville** (Marcellin-Philippe), Sapeur au 4<sup>e</sup> Génie, Compagnie 7-2, à Besançon (Doubs). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Boulay de la Meurthe** (Emmanuel), 7, rue Villersexel, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Calmettes** (Robert), Ingénieur à la Compagnie générale du Gaz pour la France et l'Étranger, 24, boulevard des Capucines, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Carlini** (Dominique), Enseigne de vaisseau à bord de l'*Ernest-Renan*, à Toulon (Var). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Causse** (Jules-Marius-Albert), Capitaine d'Artillerie, à la Manufacture d'armes, à Tulle (Corrèze). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Chailloux** (Paul-Louis), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 24, rue de Staël, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Couffon** (René), Ingénieur des Arts et Manufactures, Élève à l'École supérieure d'Électricité, 6, rue Furstenberg, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Défossez** (Élisée-Jules), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 60, rue Dombasle, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Desnuelles** (Marcel-Auguste), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 60, rue Dombasle, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Duroussat** (Georges-Henri), Sapeur au 1<sup>er</sup> Génie, Compagnie 20-4, à Toul (Meurthe-et-Moselle). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Favret** (Jean-Alfred), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 7, rue Rosa-Bonheur, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Feilchenfeld** (Adam), Ingénieur électricien diplômé de l'Institut électrotechnique de l'Université de Lille, 29, rue Gay-Lussac, à Paris. — Présenté par MM. Mitkiewicz et Poliakoff.
- Féron** (Jacques), Ingénieur à la Compagnie française Thomson-Houston, 95, rue de Rennes, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Fournier** (Jean), Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, 7, rue de Berlin, à Paris. — Présenté par MM. Guéry et Petit.
- Galmiche** (Charles), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 40, boulevard des Invalides, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- George** (René), Licencié ès sciences, 38, rue Vital, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Gigot** (Marcel-Albert-Eugène), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 9, rue Eugène-Delacroix, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Hubou** (Louis-Robert), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 10, avenue Didier, à Gagny (Seine-et-Oise). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

- Larré** (Jean-Louis-Ephrem), Licencié ès sciences, Ingénieur diplômé E. S. E. P., Sapeur télégraphiste au 8<sup>e</sup> Génie, à Escondeaux par Rabastens-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Lavet** (Marius), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 16, rue Dulac, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Lemaire** (Charles-Albert), Soldat au 12<sup>e</sup> d'Artillerie à Bruyères, à Saulcy-sur-Meurthe (Vosges).
- Mahul** (Jules-Marie-Pierre), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 2, rue Crébillon, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Malbet** (Louis-Julien-Eugène), Stagiaire à la Compagnie française Thomson-Houston (Usine de Neuilly-Plaisance), 52, avenue Ledru-Rollin, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- May** (Charles), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 25, rue Dunois, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Montagne** (Marcel), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 1, rue Vercingétorix, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Nibaut** (Pierre-Henri), Ingénieur E. C. P., Élève à l'École supérieure d'Électricité, villa Beauséjour, à Vanves (Seine). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Perronnet** (Rolland), Assistant au Laboratoire central d'Électricité, 5, rue Mizon, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Laporte.
- Petit** (Laurent), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 60, rue Dombasle, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Rabaté** (Jean), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 16, rue Dulac, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Rességuier** (Joseph de), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 14, rue de Bagneux, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Ricard** (Alfred-Édouard), 68, rue Pierre-Charron, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Sauvêtre** (Gabriel), Sapeur au 6<sup>e</sup> régiment du Génie, 10<sup>e</sup> bataillon, 2<sup>e</sup> compagnie, à Angers (Maine-et-Loire). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Schwob** (Louis), Ingénieur à l'Office de Brevets Josse, 77, boulevard Saint-Michel, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Sirghi** (Vasile), Professeur à l'Institut électrotechnique de l'Université de Jassy (Chaire de Mesures électriques), 47, Strada Carol, à Jassy (Roumanie). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Sterman** (Adolphe), Ingénieur à l'Usine Thomson-Houston de Neuilly-Plaisance, 53, avenue Ledru-Rollin, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Vaubuisson** (Robert-Auguste), Assistant au Laboratoire spécial de M. Léauté à la Société industrielle des Téléphones, 7, rue Alphonse-Pallu, Le Vésinet (Seine-et-Oise). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Verdurand** (Abel-Paul-Louis-Joseph), ex-Ingénieur aux Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est (Jeumont), à Die (Drôme). — Présenté par MM. Gourdeau et de Valbreuze.
- Vichniak** (Jacques), 22, rue Eugène-Millon, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

Des remerciements sont adressés aux auteurs des dons suivants :

1<sup>o</sup> Pour le Laboratoire :

Société technique de l'Industrie du gaz en France, 1000 fr pour études sur l'étalon au platine;

2<sup>o</sup> Pour l'École :

M. Labour, 1000 fr.

#### CONGRÈS DE LYON.

M. le PRÉSIDENT. — Je vous rappelle que le Bureau a accepté en principe l'invitation qui lui a été adressée par M. Herriot, sénateur, maire de Lyon, de tenir dans cette ville un Congrès à l'occasion de l'exposition qui va s'y ouvrir. Notre Société se propose d'agir conjointement avec d'autres groupements scientifiques et techniques.

Le programme du Congrès, que nous sommes en train d'élaborer avec nos collègues de la région lyonnaise, n'est pas encore définitivement arrêté à l'heure actuelle; mais je puis vous indiquer, sous toutes réserves, le projet provisoire suivant : Le Congrès, qui aurait lieu dans la seconde quinzaine de juin, durerait trois jours. Les matinées des deux premiers jours seraient consacrées aux séances scientifiques et aux conférences techniques; les après-midi aux visites d'usines. Le dernier jour serait employé à la visite de l'exposition.

Pendant ce temps, auraient lieu également des visites dans les musées ou les maisons de soieries, à l'usage des dames. Enfin un dîner officiel, placé, si possible, le premier jour, réunirait les congressistes des deux sexes et leurs invités.

### DYNAMOS POUR L'ÉCLAIRAGE DES AUTOMOBILES.

M. H. ARMAGNAT. — « Dès le début des voitures automobiles, c'est-à-dire depuis une vingtaine d'années déjà, la question de l'éclairage électrique de ces voitures a été posée, puis a subi des vicissitudes diverses jusque dans ces derniers temps où elle est redevenue d'actualité. Comme la mode joue un rôle important dans le commerce de l'automobile, il faut s'attendre à voir l'éclairage électrique prendre un développement très rapide. Déjà, en Amérique, il paraît que cet éclairage domine et une statistique publiée au commencement de janvier 1914, à l'occasion de l'exposition annuelle d'automobiles de New-York, montre que 89 pour 100 des voitures américaines exposées en sont munies, alors qu'il y en avait seulement 50 pour 100 en 1913.

» Une question connexe, celle du lancement électrique des moteurs d'automobiles, est probablement susceptible de hâter encore les progrès de l'éclairage électrique, mais les solutions présentées sont encore trop récentes et n'ont pas subi suffisamment l'épreuve de la pratique pour que nous nous y arrêtions aujourd'hui.

» Cet aspect du problème de l'éclairage n'est pas absolument nouveau et, avant même le début de l'automobile, les ingénieurs des chemins de fer ont eu à s'en occuper. Dans plusieurs des dispositions proposées pour les voitures nous trouverons des solutions déjà employées sur les trains. D'ailleurs, si la réalisation des systèmes d'éclairage des voitures a donné lieu à un grand nombre de dispositions pratiques fort ingénieuses, on ne peut pas dire qu'il ait été fait usage d'un seul principe réellement nouveau, et l'énumération qui va suivre sera à peu près exclusivement la revue des procédés que nous avons déjà vus, à plusieurs reprises, appliqués dans l'électrotechnique.

» Nous n'avons pas à examiner ici la valeur des nombreux brevets qui ont été pris sur la question, ni à mettre les systèmes

en opposition; mais comme il est à peu près impossible de donner des explications abstraites sur ce sujet, il faut prendre des exemples dans les systèmes réalisés ou décrits, et ceci entraîne à citer des noms. Il ne faudra pas oublier, dans ce qui va suivre, que ces noms sont indiqués simplement pour préciser les idées, mais sans préjuger en rien des questions d'antériorité ou de validité de brevets.

» Une raison importante s'oppose d'ailleurs à ce qu'une revue, rapide comme celle que nous allons faire, soit démonstrative au point de vue des brevets : beaucoup d'inventeurs, partant d'idées opposées les unes aux autres, très justes et très défendables en elles-mêmes, ont été conduits par la force des choses, par les conditions imposées par les propriétés de la matière, à s'écarter peu à peu de leurs idées primitives et, finalement, se trouvent exploiter des systèmes qu'il serait difficile de distinguer si l'on ne connaissait pas le point de vue initial des inventeurs et l'évolution forcée de leurs idées.

» Après ce préambule nécessaire, essayons de classer les nombreux systèmes de réglage proposés pour les dynamos d'éclairage des voitures.

» Rappelons d'abord sommairement le problème : il s'agit d'alimenter, simultanément ou non, des lampes de puissances différentes, mais généralement sous tension constante; ces lampes sont, ou assez faibles et destinées à l'éclairage des lanternes réglementaires et à celui de l'intérieur de la voiture, ou relativement puissantes, 50 à 100 bougies, et destinées aux phares pour l'éclairage de la route.

» L'énergie électrique peut être empruntée à des accumulateurs de capacité suffisante, rechargés aux arrêts, et alors le réglage est simple, mais il n'entre pas dans notre cadre d'aujourd'hui. Ajoutons cependant que cette solution, qui est certainement la première en date, est actuellement abandonnée, sauf sur les voitures à moteurs électriques.

» Le défaut des accumulateurs, uniquement destinés à l'éclairage et à l'allumage du moteur à explosion, réside principalement dans la difficulté de recharge : nous savons tous combien la charge d'une batterie de 8 à 12 volts est onéreuse sur un circuit d'éclairage.



rage à 110 volts; il faut donc une source spéciale pour recharger les batteries; d'autre part, une fausse manœuvre expose à se trouver en route avec des accumulateurs entièrement vidés; il faut donc pouvoir recharger constamment pendant la marche, et comme le moteur est presque toujours plus puissant qu'il n'est nécessaire, on est amené naturellement à lui atteler une petite dynamo munie d'un régulateur convenable pour la charge des accumulateurs ou même pour l'alimentation directe des lampes. Ce pas franchi, on peut même supprimer les accumulateurs et se servir uniquement de la dynamo, mais avec le très grave inconvénient de se trouver sans lumière dès que le moteur est arrêté. Cette dernière solution ne paraît pas avoir grand succès, et tout ce que l'on peut demander de plus, c'est que la dynamo soit, grâce à son régulateur, capable d'alimenter seule les lampes au cas, assez rare, où un accident (rupture ou court circuit) vient à se produire dans les accumulateurs.

» Si nous nous plaçons au point de vue purement électrique, nous voyons d'abord que les régulateurs peuvent se classer en deux grandes catégories : à tension constante ou à intensité constante, catégories d'ailleurs fort mal délimitées.

» En principe, le système à tension constante devrait être le seul employé, puisque les lampes exigent cette condition pour donner une lumière suffisante et ne pas brûler par excès de courant, mais en pratique, comme il y a toujours la batterie d'accumulateurs, le réglage à intensité constante est plus employé, le courant fourni par la dynamo allant soit aux lampes, soit aux accumulateurs, selon les besoins du service, et la tension se trouve réglée par les accumulateurs qui sont toujours dans un état de charge convenable. Cependant, aux arrêts, la tension baisse naturellement par suite du passage de la tension en charge à la tension en décharge, et si l'arrêt se prolonge suffisamment pour laisser passer le coup de fouet de la décharge, on peut constater une baisse importante dans la lumière.

» Ne nous arrêtons pas plus longtemps à cette classification électrique qui laisse encore trop de confusion dans les systèmes, et basons-nous plutôt sur les moyens de réglage.

» La grande difficulté du problème se trouve dans les très grandes

variations de vitesse du moteur, ce qui impose des conditions assez difficiles pour les dynamos et rend le réglage délicat. Un moteur d'automobile peut marcher au ralenti à 300 tours par minute et, à toute vitesse, à 1800; c'est donc sur un rapport de 5 à 6 au moins qu'il faut compter, en moyenne, entre la petite et la grande vitesse. Si l'on ne veut pas donner à la dynamo une vitesse de rotation excessive, afin d'avoir une bonne tenue des balais, on est conduit à lui donner des dimensions assez considérables afin qu'elle soit capable de produire, dès la plus petite vitesse, la puissance nécessaire; ceci est déjà une difficulté, car la place disponible sur les voitures n'est pas très grande et les automobilistes trouvent toujours la dynamo trop encombrante.

» La difficulté réelle, c'est donc de faire débiter à la dynamo une puissance constante malgré les écarts considérables de la vitesse. On peut, il est vrai, réduire sensiblement les exigences en renonçant à utiliser la dynamo pendant la marche au ralenti, ce qui réduit la marge de fonctionnement à 2 ou 3; c'est le rôle du conjoncteur-disjoncteur. Cependant, ainsi réduit, le problème du réglage est encore assez délicat.

#### RÉGULATEURS MÉCANIQUES.

» Le réglage devant combattre les variations de vitesse, c'est tout d'abord aux moyens mécaniques que l'on doit songer, et l'emploi de la force centrifuge semble tout indiqué; c'est en effet cette force qui a été employée dans tous les régulateurs mécaniques.

» Une solution qui semble, *a priori*, très logique, consiste à faire intervenir, entre le moteur et la dynamo, un organe de réglage capable de maintenir constante la vitesse de cette dernière quand le moteur varie dans les limites ordinaires. Jusqu'à présent, aucun appareil analogue aux changements de vitesses à engrenages n'a été employé dans ce but, et il faut reconnaître que le problème ne serait pas facile à résoudre économiquement de cette façon. Tous les systèmes conservant une vitesse constante à la dynamo sont basés sur le glissement.

» Voici comme type la dynamo Grada (*fig. 1 et 2*), la seule, je crois, qui subsiste actuellement dans cette catégorie. La jonction

entre la poulie reliée au moteur et l'arbre de la dynamo est effectuée par un embrayage à friction qui se trouve en prise, grâce à la pression de ressorts. Sur l'arbre de la dynamo est fixé un régula-

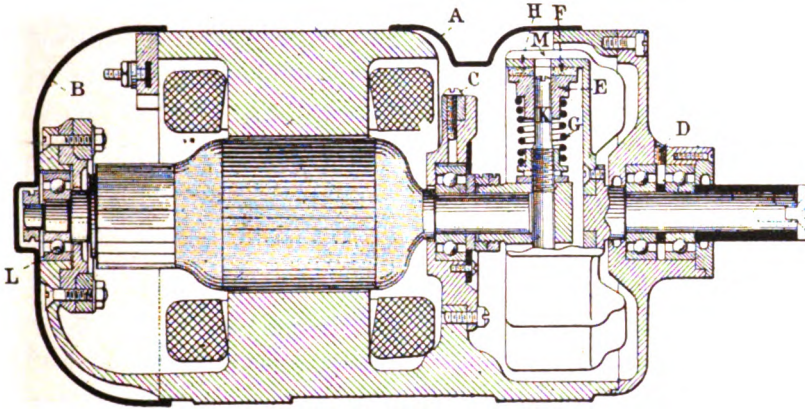


Fig. 1.

teur à force centrifuge qui combat l'action des ressorts de telle sorte que la pression exercée atteint une valeur déterminée pour la vitesse de régime, et cette pression est celle qui convient pour

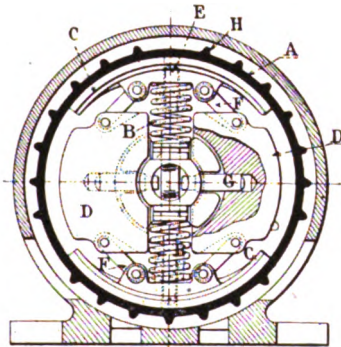


Fig. 2.

le couple résistant à vaincre. Quand la vitesse du moteur vient à augmenter, le couple résistant restant invariable, comme c'est le cas à intensité constante, la vitesse de la dynamo ne peut pas varier, car le couple de frottement diminuerait; il se produit un glissement entre la poulie et la dynamo, et cela d'autant plus que la vitesse du moteur est plus éloignée du régime. Le système est un des plus simples; il a le grand avantage de permettre une

bonne utilisation des matériaux, mais il a aussi l'inconvénient de provoquer une très grosse perte d'énergie aux grandes vitesses; en effet, le couple de frottement restant constant, la puissance perdue dans l'embrayage est proportionnelle au glissement, et si la dynamo absorbe une centaine de watts, la perte par frottement atteindra 200 watts quand la vitesse du moteur sera le triple de celle pour laquelle a été réglée la dynamo.

» Cette perte abaisse singulièrement le rendement, mais ceci est encore peu de chose dans une application où l'on cherche avant tout un fonctionnement sûr et où, de plus, il faut bien considérer que l'on peut régler les choses pour que la dynamo tourne normalement pour la vitesse la plus employée du moteur. Ce qui est plus grave, c'est que cette énergie perdue provoque un échauffement considérable de l'embrayage et qu'il faut se débarrasser de la chaleur engendrée. Dans la dynamo Grada l'embrayage est muni d'ailettes qui provoquent un vif courant d'air dans le carter et le refroidissement est, paraît-il, suffisant.

» Bien entendu, ce système ne peut s'appliquer qu'à intensité constante, car le couple résistant est à peu près proportionnel à l'intensité, et toute variation de ce facteur entraînerait une variation de la vitesse et de la force électromotrice.

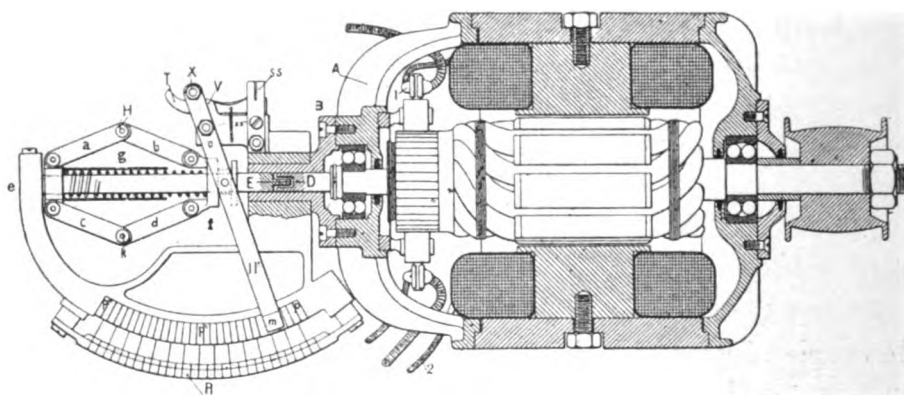


Fig. 3.

» Rappelons que le système Stone, pour l'éclairage des trains, fonctionne depuis de longues années, surtout en Amérique, avec une courroie glissant sur la poulie de la dynamo.

» La force centrifuge a été employée aussi dans une des pre-

mières dynamos pour automobiles que nous avons vu fonctionner en France : la dynamo Eyquem. Comme on le voit sur la figure 3, le régulateur à boules agit sur le levier d'un rhéostat et introduit des résistances dans le circuit d'excitation à mesure que la vitesse augmente.

» Dans l'ancienne dynamo  $\varphi$  (Blériot), le circuit d'excitation était divisé en quatre parties égales  $I_1$ ,  $I_2$ , etc., réunies en parallèle

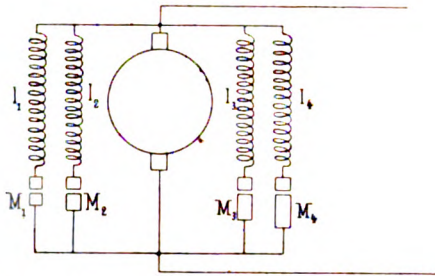


Fig. 4.

à l'un des balais et connectées chacune à un contact séparé; des masses graduées  $M_1, M_2, M_3, M_4$  tournaient avec la dynamo et reliaient ces circuits à l'autre balai; à mesure que la vitesse aug-

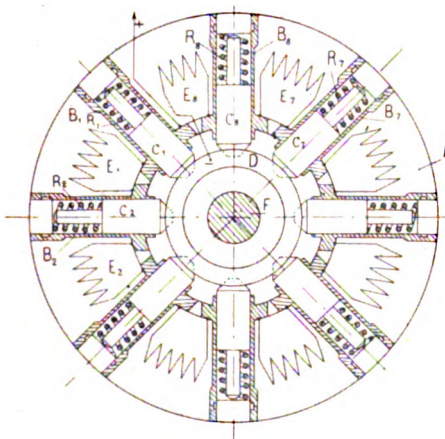


Fig. 5.

mentait, ces masses, en s'écartant des plots fixes, rompaient successivement les circuits.

» Dans la dynamo Gallay (fig. 5), nous trouvons aussi des masses mobiles qui s'écartent successivement quand la vitesse augmente,

mais elles ont pour effet d'introduire dans le circuit d'excitation des résistances convenablement graduées.

» Une autre disposition, qui semble avoir été peu appliquée, consiste à donner à l'induit et à l'alésage des pièces polaires une forme conique, de sorte qu'un déplacement de l'induit parallèlement à son axe fait varier la longueur de l'entrefer et, par suite, le flux inducteur, le courant d'excitation restant constant. Dans la dynamo Carleon (*fig. 6*), un ressort et l'attraction magnétique

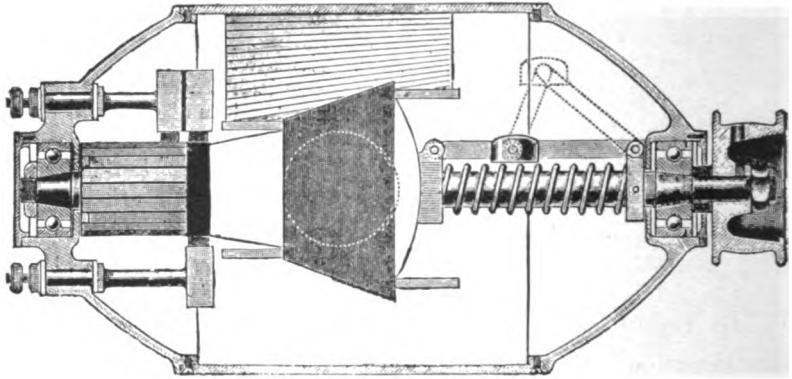


Fig. 6.

maintiennent l'induit dans la position où l'entrefer est le plus réduit, tandis qu'un régulateur à force centrifuge tend à produire l'ouverture de l'entrefer quand la vitesse augmente.

#### RÉGLAGE DU CHAMP.

» Dans un certain nombre de systèmes, nous trouvons le réglage du champ inducteur produit par des procédés électromagnétiques, soit en faisant varier la tension aux bornes de bobines inductrices, soit en introduisant des résistances variables.

» Dans la *Stéréos*, l'induit est libre de se déplacer le long de l'arbre auquel il est simplement relié par un écrou qui se visse sur le filetage de l'arbre. Au repos, un ressort maintient l'induit serré contre la portée qui se trouve à gauche du filetage (*fig. 7*). Lorsque l'arbre tourne, le couple résistant électromagnétique fait visser l'écrou sur le filet, l'induit avance sur l'arbre. Le collecteur est composé de deux parties : un collecteur ordinaire avec ses balais



pour la prise du courant principal et un second à lames hélicoïdales sur lesquelles frotte un balai auxiliaire relié à l'excitation. Le mouvement longitudinal de l'induit sur l'axe a pour effet de modifier le calage relatif du balai auxiliaire et l'excitation varie ainsi

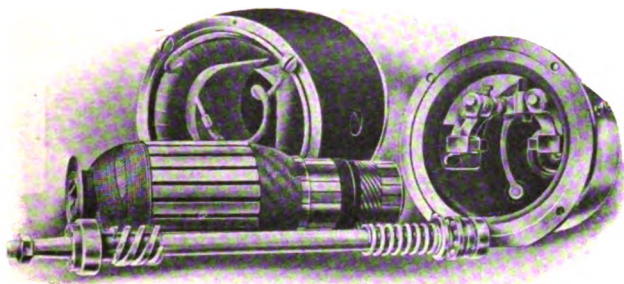


Fig. 7.

avec la vitesse, le courant principal restant à peu près constant, car s'il variait, le couple électromagnétique, variant aussi, modifierait le calage dans le sens convenable.

» Dans la dynamo *Iglesis*, qui a été présentée à la Société il y a quelques années, c'est l'entraînement des inducteurs par l'induit qui provoque le déplacement relatif du balai d'excitation et règle ainsi le champ.

» Le réglage en fonction de la vitesse n'est pas le seul employé et l'on peut tout aussi bien se baser sur la tension pour actionner le régulateur destiné à assurer la constance du courant engendré. Ce mode de réglage a, au moins théoriquement, l'avantage de tenir compte de tous les éléments variables du problème et de fournir une tension constante à toutes les vitesses et à tous les régimes de charge de la dynamo.

» Le régulateur *Delco* caractérise bien ce genre d'appareils : il se compose essentiellement d'un solénoïde dans lequel un noyau de fer est attiré. Le fer plonge dans du mercure, et sous l'action exercée par le solénoïde, il fait monter plus ou moins ce mercure qui vient mettre en court circuit des plots métalliques reliés à des résistances placées dans le circuit d'excitation.

» Dans le régulateur *Bosch*, la résistance variable est constituée par de la poudre de charbon sur laquelle le noyau de fer exerce une pression plus ou moins grande.

» Une disposition assez originale a été indiquée par Grob, mais ne paraît pas avoir été mise en application. Elle consiste à prendre le courant d'excitation sur une batterie auxiliaire A reliée en série avec la bobine magnétisante S (fig. 8). Quelle que soit la vitesse et le

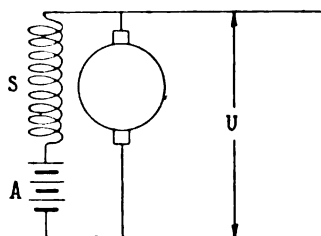


Fig. 8.

débit du système, il est bien évident que la tension  $U$ , aux bornes, ne peut être supérieure à la force électromotrice de A, car autrement le courant d'excitation s'inverserait. L'emploi d'une batterie auxiliaire est une grosse complication, et il est difficile d'imaginer comment on peut éviter les renversements de courant dans le circuit principal.

» Enfin signalons, comme se rattachant encore à cette catégorie, la disposition de dynamo avec shunt magnétique : un électro, parcouru par le courant total est disposé entre les pôles inducteurs et il dérive une partie du flux d'autant plus importante, que le courant est lui-même plus intense. Bien qu'il existe une dynamo qui revendique ce principe, il ne semble pas que le procédé soit bien efficace; il faudrait dans le shunt magnétique, des sections de fer, plus grandes que celles qui existent et en réalité ce qui est appelé shunt agit plutôt là comme disjoncteur.

#### COMPOUNDAGE.

» Les systèmes à débit constant, dans lesquels l'intensité conserve à peu près toujours la même valeur, soit que le courant aille aux lampes ou aux accumulateurs, donnent des solutions assez simples et n'exigent pas l'emploi d'organes mécaniques délicats, il suffit de leur adjoindre un bon conjoncteur-disjoncteur, tout le reste est affaire de proportions convenables dans les enroulements.

» Le compoundage démagnétisant, qui avait été déjà employé



en 1898, dans le système Vicarino pour l'éclairage des trains, devait être et est en effet employé largement pour les automobiles; on le trouve dans les systèmes actuels de Blériot (dynamo  $\varphi$ ), Grouvelle et Arquembourg, Westinghouse; il est joint à d'autres moyens de réglage dans les dynamos *Grada*, Ducellier, *Jesco*, etc.

» Schématiquement, le système se résume dans la combinaison de deux bobines magnétisantes : l'une en série, S (fig. 9), reçoit le

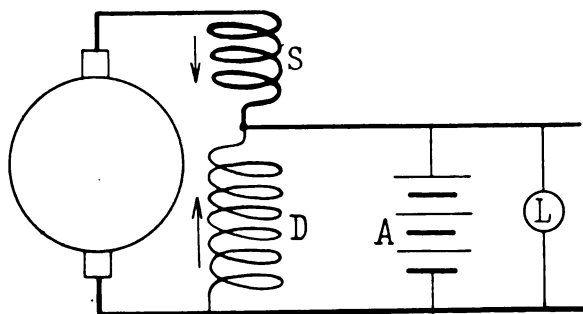


Fig. 9.

courant total; l'autre en dérivation, D, est alimentée sous la tension à peu près constante des accumulateurs A. Les deux enroulements étant en sens inverses, si l'intensité tend à augmenter, la bobine S diminue le champ et s'oppose à l'augmentation d'intensité.

» Si nous examinons la théorie de cet enroulement, nous voyons apparaître un défaut commun à presque toutes les dynamos à vitesse très variable; elles ne peuvent fonctionner réellement que très loin de la saturation des inducteurs.

» Représentons par les deux courbes de la figure 10 les courbes des forces électromotrices en fonction des excitations pour les deux vitesses limites considérées. La tension aux balais pourra être, comme première approximation, représentée par la force électromotrice des accumulateurs, plus une quantité croissante avec l'intensité du courant total fourni. Si les ampèretours du circuit dérivé D sont représentés par OA, les ampèretours démagnétisants seront représentés par une longueur variable à partir de A vers l'origine, et nous pourrons choisir les échelles de telle sorte que les longueurs AB, AC, etc. représentent les intensités totales. Par suite, la tension aux balais étant représentée par une droite partant de e, l'équilibre sera obtenu aux points de croisement de

cette droite avec les courbes de force électromotrice et nous voyons immédiatement que si  $e'$  est voisin de la force électromotrice engendrée à faible vitesse par la dynamo avec inducteurs saturés, l'intensité passera de AB à AC à la grande vitesse; le système sera loin de donner une intensité constante. Au contraire, si nous prenons  $e$  suffisamment petit, les inducteurs seront peu saturés et l'intensité variera seulement de AD à AF.

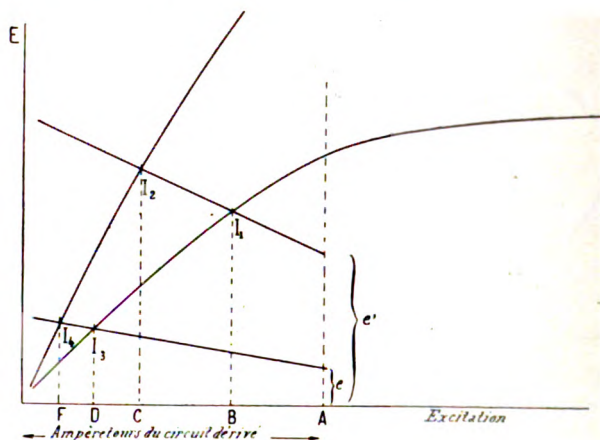


Fig. 10.

» Cette condition, *sine qua non* d'une bonne régulation, ouvre le champ à un autre réglage automatique important : la réaction d'induit, sur laquelle sont basés plusieurs autres systèmes et qui, on peut le dire, intervient dans presque tous.

» Dans la dynamo Ducellier (1914), nous trouvons le compoundage, mais avec une double fonction, ainsi qu'une disposition destinée à combattre la réaction d'induit. L'enroulement série S (fig. 11) est disposé de telle sorte qu'il diminue le flux inducteur lorsque tout le courant passe par les accumulateurs, ceci, dans le but d'éviter la surcharge. Au contraire, si le débit extérieur augmente assez pour que la tension  $U$  tombe au-dessous de la force électromotrice des accumulateurs, ceux-ci débitent à leur tour, et leur courant renforce l'aimantation des inducteurs. En pratique, quand tout est bien réglé, l'ampèremètre A doit rester presque toujours au zéro.

» Cette dynamo est bipolaire, mais les inducteurs sont dédoublés AA' et BB'. L'enroulement shunt D est également réparti

également sur toutes les bobines, mais l'enroulement série S a plus de spires sur A' et B' que sur A et B, il en résulte que la ligne du flux maximum est en  $I_-$  lorsque la dynamo charge les accumulateurs; elle vient en  $I_0$  quand le courant s'annule en S et en  $I_+$  lorsque l'intensité demandée est maximum et produit la distortion la plus forte du champ.

» Dans la dynamo Rushmore, nous trouvons une combinaison du compoundage et des propriétés des résistances en fer. La résistance  $R$  (fig. 11), qui est en série dans le circuit principal, est

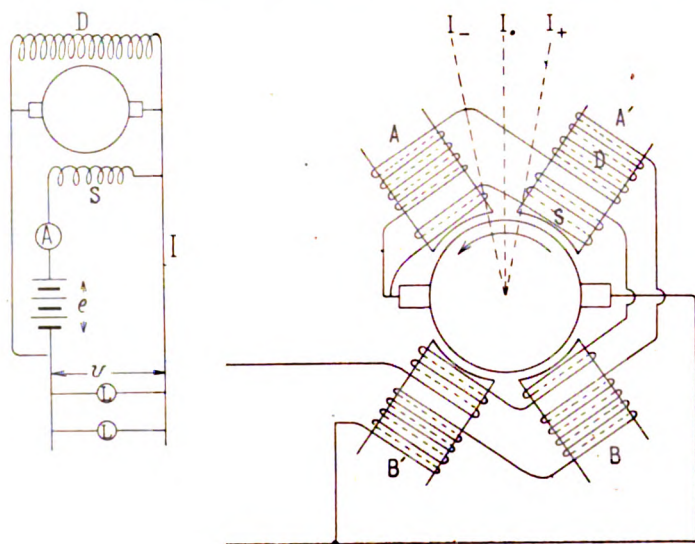


Fig. 11.

analogue aux résistances employées autrefois dans les lampes Nernst et qui possèdent la propriété de varier beaucoup lorsqu'elles sont traversées par un courant d'intensité convenable; on fait

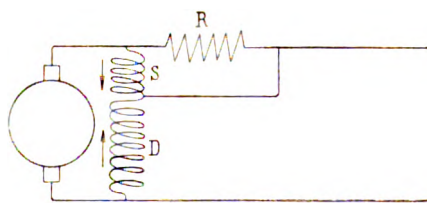


Fig. 12.

ainsi des résistances qui absorbent des différences de potentiel allant de 1 à 3 environ sans que l'intensité varie de plus de quelques

pour 100. Il est facile de comprendre le fonctionnement du système : la bobine démagnétisante  $S$  est reliée aux bornes de la résistance  $R$ , elle reçoit donc un courant qui varie beaucoup pour une faible variation de l'intensité totale. La bobine shunt  $D$  est en dérivation sur le circuit principal. La combinaison de la résistance ohmique  $R$  et de la désaimantation produite par la bobine  $S$  assure à la fois la constance du courant et celle de la tension, mais ceci est obtenu en absorbant l'énergie en excès, comme dans les dynamos à glissement.

#### RÉACTION D'INDUIT.

» Grâce à la faiblesse du champ inducteur, à laquelle on est conduit, comme nous l'avons vu, pour assurer le fonctionnement aux diverses vitesses, le flux transversal produit par le courant engendré prend une importance capitale et il en résulte une forte distorsion du champ que l'on est obligé de combattre pour assurer une bonne commutation, mais dont on peut aussi se servir comme moyen de réglage.

» Il existe de nombreux modèles de dynamos où l'on utilise la réaction d'induit et, lorsqu'on met les schémas côte à côte, on a souvent de la peine à trouver les différences qui existent entre eux.

» Voici, par exemple (*fig. 13*), trois dispositions dont les ressemblances frappent plus que les dissemblances. A gauche, nous avons une des dispositions préconisées par Leitner : l'excitation est prise de chaque côté entre un balai auxiliaire et un balai principal. Au départ, la ligne neutre est perpendiculaire au champ principal, et comme les balais  $cd$  sont un peu décalés par rapport à l'axe des pôles, il existe entre eux une force électromotrice qui s'ajoute à celle des balais principaux  $ab$  et l'excitation est maximum. Quand le courant extérieur et la vitesse sont assez grands, la ligne neutre vient en 2 et les balais  $cd$  sont au même potentiel, l'excitation est uniquement due à la tension aux balais principaux. Lorsque le courant augmente, la ligne neutre vient en 3 et il se produit entre  $c$  et  $d$  une force électromotrice opposée à celle de  $ab$ , l'aimantation diminue encore, le système fournit ainsi une intensité à peu près constante au circuit extérieur.

» Il est facile de voir qu'on ne change rien au système en supprimant un des balais auxiliaires.

» Puisqu'il est possible d'obtenir entre les balais  $cd$  une force

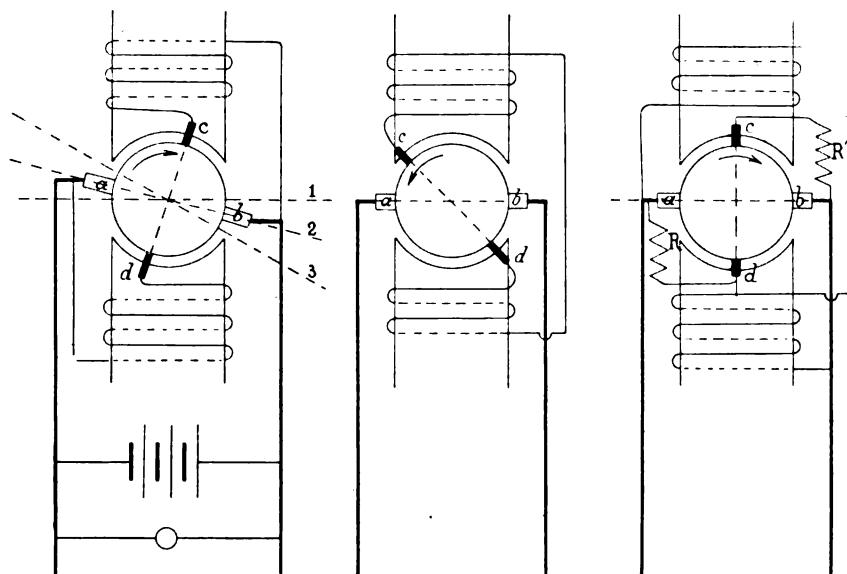


Fig. 13.

électromotrice de sens et de grandeur variables avec le courant total, on peut s'en servir directement pour produire l'excitation sans établir de connexion entre les inducteurs et les balais principaux : c'est ce que nous voyons dans la figure 13, au milieu, et qui existe dans la dynamo *La Française*.

» On peut également prendre l'excitation sur les balais principaux  $ab$  et relier les balais auxiliaires  $cd$  aux principaux par des résistances  $RR'$ , comme on le voit sur la droite de la figure 13. Le résultat est la production d'un flux à  $45^\circ$  sur le flux principal et qui s'ajoute au flux transversal de l'induit pour affaiblir le champ. C'est le dispositif de Trier et Martin.

» Nous pouvons également répartir les quatre balais symétriquement à l'axe des pôles, les réunir deux par deux et prendre le courant extérieur et l'excitation sur ces deux groupes de balais : nous avons alors la dynamo Broit (*fig. 14*) à gauche. Les sections, mises en court circuit entre  $ab$  d'une part et  $cd$  d'autre part, engendrent un flux directement opposé au flux principal et qui diminue celui-ci à mesure que le courant ou la vitesse augmente.

» Enfin, dans la dynamo C. A. V. (Midgley et Vandervell), il y a quatre pôles, deux bobinés, N, S, qui engendrent le flux principal; les deux autres,  $N_1$  et  $S_1$ , servent simplement à faciliter le passage du flux de réaction qui joue un rôle important. Dans la figure 14, droite, les sections mises en court circuit sont repré-

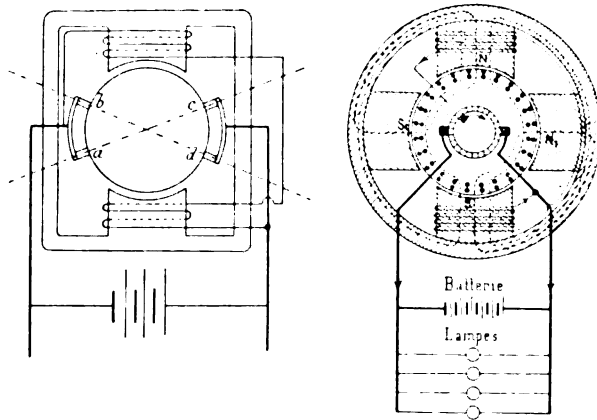


Fig. 14.

sentées par des points noirs; elles se trouvent dans la région où se produisent les forces électromotrices les plus élevées et sont, par conséquent, le siège de courants intenses qui développent un flux transversal important dans les pôles auxiliaires. On peut concevoir une position des balais telle que le flux utile diminue quand la vitesse augmente, de façon à régler l'intensité du courant fourni.

» Ces cinq exemples montrent bien les relations étroites qui existent entre ces systèmes et combien il est difficile de distinguer nettement les limites qui les séparent, maintenant que la pratique a effacé en grande partie ce qui était caractéristique dans les idées des inventeurs.

» Si nous prenions ces systèmes dans l'ordre chronologique, nous les verrions certainement découler les uns des autres dans un ordre tout à fait différent, mais leurs ressemblances disparaîtraient.

» Rappelons, pour mémoire, que la réaction d'induit est utilisée dans l'éclairage des trains par le système Rosenberg.



# RÉGULATEURS VIBRANTS.

» Nous arrivons maintenant à une catégorie de régulateurs qui semble attirer beaucoup les inventeurs, celle des appareils vibrants.

» La figure 15, partie supérieure, caractérise la disposition

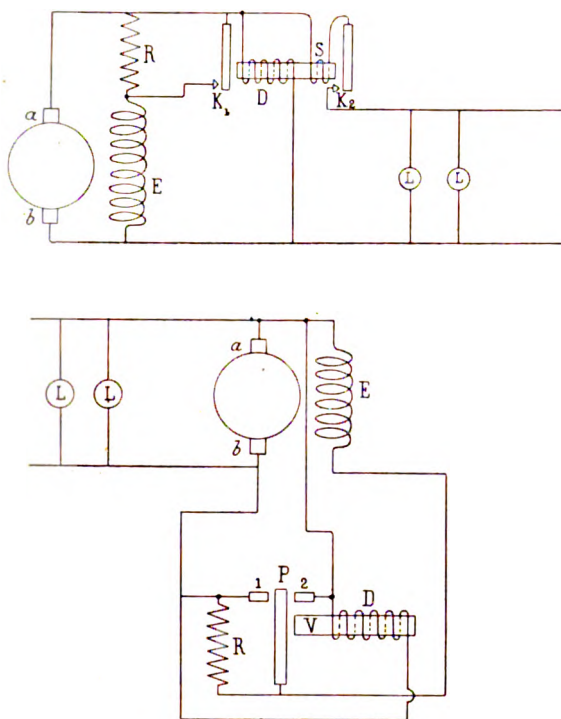


Fig. 15.

générale de ces régulateurs. L'inducteur  $E$  est relié directement à un balai et en série avec une résistance  $R$  reliée à l'autre balai; cette résistance est, au repos, mise en court circuit par la palette  $K_1$ . Un électro  $D$  à fil fin agit comme un voltmètre, il attire la palette  $K_1$  lorsque la tension convenable est atteinte; par suite, la résistance  $R$  se trouve ajoutée dans le circuit et l'excitation se trouve diminuée. Si la vitesse n'est pas suffisante pour maintenir la tension avec la résistance additionnelle  $R$ , le contact  $K_1$  se referme, l'excitation remonte, la tension est atteinte de nouveau et la palette  $K_1$  attirée; le phénomène se reproduit ainsi périodiquement, avec une fréquence plus ou moins grande selon les conditions du circuit, le

réglage de l'appareil et la vitesse de la dynamo. La résistance  $R$  peut même être supprimée sans que le système cesse de fonctionner, le circuit est alors complètement ouvert quand la palette  $K_1$  est attirée.

» Dans plusieurs appareils, le rôle de l'électro est double : il agit comme régulateur de tension par son circuit  $D$  et comme conjoncteur-disjoncteur par l'enroulement série  $S$ ; mais, de plus, ce dernier circuit a pour effet d'augmenter les ampèretours sur l'électro, et si la palette  $K_1$  est réglée pour une tension donnée quand la bobine  $D$  agit seule, elle doit fonctionner à une tension moindre quand  $S$  est parcouru par le courant normal; cette action limite l'intensité extérieure et l'empêche de prendre une valeur dangereuse pour les accumulateurs ou la dynamo.

» La palette  $K_2$  forme conjoncteur. Dès que la tension est suffisante, cette palette est attirée et vient fermer le circuit extérieur; à ce moment, le courant principal vient renforcer l'action du courant dérivé et la palette  $K_2$  reste fixée à sa place. Au contraire, si la dynamo vient à s'arrêter, le courant se renversant dans la bobine  $S$  combat l'action de  $D$ , la palette est relâchée et le circuit rompu.

» Ces dispositions sont à peu près celles des régulateurs Eyquem et S. E. V.

» Une disposition spéciale est employée dans la dynamo *Radios*; elle consiste, comme le montre le schéma du bas de la figure 15, à mettre l'inducteur en court circuit. La figure représente la disposition d'un ancien brevet; dans l'état actuel, le contact 1 n'existe pas. La palette  $P$  du régulateur est attirée par la bobine  $D$  de l'électro formant voltmètre; lorsque la tension convenable est atteinte, cette palette vient mettre l'inducteur  $E$  en court circuit, le courant dérivé passe seulement dans la résistance  $R$ . Nous verrons plus loin l'effet utile de cette mise en court circuit.

» Un exemple de disposition pratique de régulateur vibrant est donné par la figure 16 qui est la coupe du régulateur Eyquem. Une palette équilibrée  $P$  pivote autour de son centre et au milieu d'une bobine portant deux enroulements, série et shunt; un ressort  $R$  appuie la palette contre un contact fixe  $a$ , tandis que l'attraction magnétique s'exerce par les deux pôles intérieurs  $p_1$  et  $p_2$  du noyau de fer de la bobine. Le circuit magnétique est fermé; il comprend



la palette centrale, les deux pièces polaires portées par des joues en fer et celles-ci sont appliquées contre une armature extérieure également en fer. La pression du ressort peut être réglée avec le

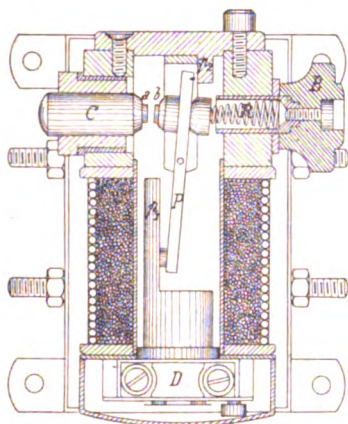


Fig. 16.

bouton B de façon à produire la rupture à la tension voulue. Les contacts fixe et mobile *a* et *b* sont facilement accessibles; ils sont formés par de larges plots de tungstène. Le même métal est employé dans le régulateur S. E. V.

» Dans le système *Jesco*, nous voyons une combinaison assez complexe de dynamo compound avec enroulement shunt déma-

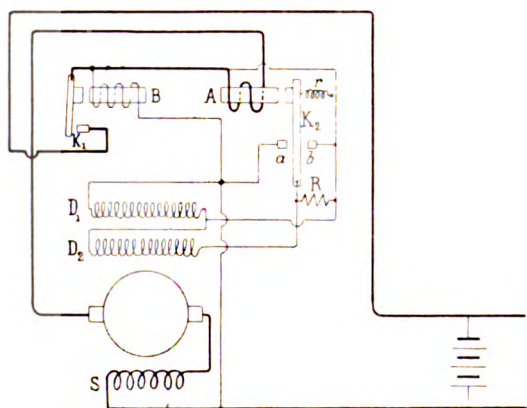


Fig. 17.

gnétisant, le tout commandé par un régulateur vibrant qui agit sur l'intensité. L'enroulement shunt démagnétisant  $D_2$  est toujours relié aux bornes de la dynamo dès que le disjoncteur B est fermé.

La palette  $K_2$  du régulateur, tirée par le ressort  $r$ , repose sur le contact  $b$  et met l'inducteur shunt démagnétisant en court circuit jusqu'au moment où l'intensité prévue est atteinte dans le circuit extérieur, à ce moment, l'électro  $A$ , excité en série, attire  $K_2$  qui vient faire contact sur  $a$  en fermant le courant sur l'inducteur démagnétisant  $D_2$ . Le système règle en vibrant comme les précédents, une résistance  $R$  shunte le contact  $K_2 b$ .

» Il n'est pas sans intérêt de rappeler ici que le 15 décembre 1881, il y a 33 ans, M. J. Carpentier, un de nos anciens présidents, prenait un brevet relatif à un régulateur vibrant agissant sur l'excitation des dynamos; la seule différence avec les appareils d'aujourd'hui, c'est que l'inventeur visait les dynamos à excitation séparée, les seuls en usage alors. Pour donner une idée exacte du sujet, nous ne pouvons faire mieux que de citer les termes mêmes du brevet et de reproduire une figure de celui-ci. Dans la figure 18,

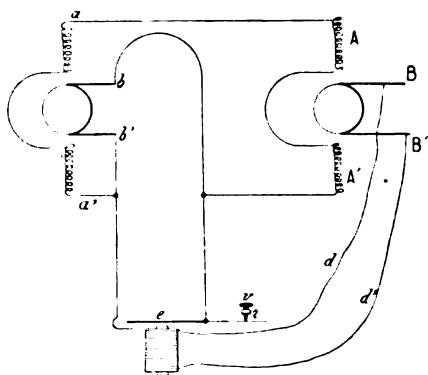


Fig. 18.

$e$  est la lame vibrante écartée de l'électro par le ressort et la vis  $v$ . L'électro de réglage est en dérivation sur les balais  $bb'$  de la dynamo génératrice et les ruptures de courant se font sur le courant d'excitation.

» Voici en quels termes s'exprime le brevet de 1881 :

» *La machine tournant à une vitesse invariable, si le courant inducteur traverse sans interruption des électros fixes, le champ magnétique étant lui-même invariable, la force électromotrice d'induction sera constante.*

» *Mais si, par un artifice quelconque, on produit une série d'in-*

*interruptions périodiques dans le passage du courant inducteur, il est aisé de comprendre qu'en vertu de l'inertie même d'aimantation et de désaimantation des masses de fer composant les électros fixes, le courant discontinu agira comme un courant continu dans le rapport  $\frac{1}{t}$ ,  $t$  étant le temps effectif pendant lequel passe le courant dans une seconde. Il faut seulement que les interruptions et rétablissements des courants se succèdent assez rapidement pour que les masses de fer n'aient pas le temps, dans les alternatives, de changer sensiblement d'état magnétique. Cette condition est toujours réalisable.*

» Depuis, ce principe a été employé dans le régulateur Tirrill que l'on trouve aujourd'hui dans beaucoup de stations centrales.

» On peut s'étonner, *a priori*, de voir des régulateurs, basés sur des ruptures répétées de circuits ayant une self-induction importante, fonctionner à peu près sans étincelles et sans échauffement nuisible. L'analyse sommaire du phénomène montre que, en prenant certaines précautions, on peut arriver à des résultats excellents. Pour chaque vitesse, la dynamo donne la force électromotrice nécessaire lorsque le flux inducteur  $\Phi_m$  atteint la valeur moyenne convenable. Prenons AB comme représentant, en fonc-

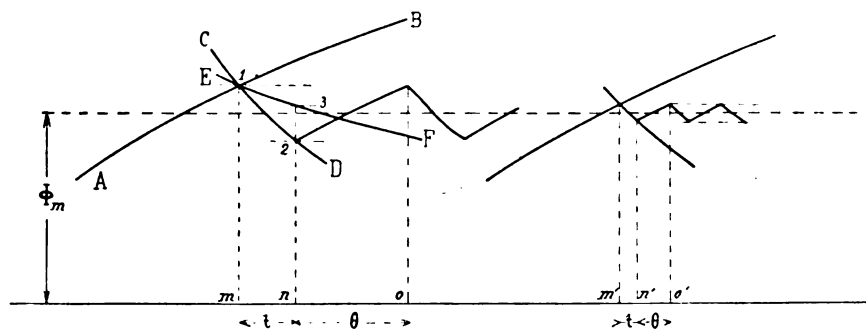


Fig. 19.

tion du temps, la courbe d'établissement du flux et, à peu près, celle d'établissement du courant inducteur. Si le régulateur commence à agir au moment où le flux a atteint la valeur 1, le circuit d'excitation va être coupé et la désaimantation va se produire suivant la courbe CD, la tension baissera proportionnellement. L'inertie de la palette du régulateur fait que le contact ne pourra pas se trouver refermé avant un temps fixe  $t$ ; à ce moment,

l'aimantation va remonter et ainsi de suite. L'étincelle à la rupture ne peut être produite que par la variation d'énergie du circuit inducteur, laquelle, pour les petites variations considérées, peut être représentée par

$$w = \frac{1}{2} L (i_1^2 - i_2^2),$$

$L$  étant le quotient  $\frac{\Phi_m}{I_m}$ .

» S'il se produit  $m$  interruptions par seconde, la puissance dépensée pour l'échauffement des contacts sera donc

$$P = mw = \frac{mL}{2} (i_1^2 - i_2^2)$$

ou

$$P = \frac{mL}{2} (i_1 + i_2)(i_1 - i_2),$$

mais le flux moyen nécessaire correspond à une intensité moyenne

$$I_m = \frac{i_1 + i_2}{2}.$$

D'autre part, nous pouvons admettre que, pour les très petits écarts à corriger, les courbes AB et CD se confondent avec des droites, et, par suite, nous pouvons écrire

$$i_1 - i_2 = Bt.$$

La période du régulateur a une durée  $t + \theta$ , et la fréquence  $m$  des interruptions est

$$m = \frac{1}{t + \theta},$$

d'où, finalement,

$$P = LI_m B \frac{t}{t + \theta}.$$

» Plus  $t$  sera petit, plus les étincelles seront faibles ainsi que l'échauffement des contacts, il y a donc un intérêt considérable à donner à la palette vibrante une période propre aussi courte que possible. Si, par un artifice quelconque, nous ralentissons les variations magnétiques, par la mise en court circuit des inducteurs par exemple, comme dans la *Radios*, nous diminuerons  $B$  et nous augmenterons  $\theta$ ; dans les deux cas, le résultat sera identique, les étincelles diminueront. La lenteur des variations magné-

tiques est importante encore à un autre point de vue : en effet, pour que la théorie ci-dessus soit applicable, il faut que les forces électromotrices de rupture  $\frac{d\Phi}{dt}$  soient aussi petites que possible ; s'il en est autrement, un véritable arc jaillit entre les points de rupture et le phénomène est tout à fait différent, il échappe au calcul.

» Théoriquement et pratiquement, on doit arriver à un réglage parfait sans étincelles. La seule réserve que l'on peut faire concerne la fragilité des appareils : c'est à la pratique à répondre.

» Les régulateurs à mouvement trop lent peuvent produire des étincelles, mais ils ont, en outre, le défaut de provoquer des courants de Foucault dans les masses polaires et l'on est en droit de se demander s'il n'est pas indispensable de feuilletter ces masses afin de réduire les échauffements ? Quelques constructeurs emploient des masses feuilletées et s'en trouvent bien, d'autres ont des pôles pleins et ne s'en plaignent pas non plus ! Il y a là, évidemment, des cas d'espèces, et l'on peut dire que si le régulateur est suffisamment rapide, les courants de Foucault dans les pièces polaires sont plutôt favorables en retardant les variations magnétiques ; au contraire, avec les régulateurs lents, il est préférable d'employer des pôles feuilletés. Le véritable intérêt des pôles feuilletés c'est de donner moins de rémanence et, par suite, de permettre une marge de réglage plus étendue.

» Il y a peut-être une conclusion pratique à tirer de cette discussion : c'est que le régulateur et la dynamo doivent être adaptés l'un à l'autre et non pas étudiés séparément.

» Pour compléter cette énumération, il ne faut pas oublier de signaler les systèmes à courant alternatif ou redressé, dans lesquels le réglage à intensité constante est produit automatiquement par la self-induction, ou mieux par la réactance du circuit quand la résistance ohmique n'est pas trop grande. Ces appareils sont assez peu répandus, ils ont contre eux l'impossibilité d'employer les accumulateurs et, par suite, ne fonctionnent pas aux arrêts. Une mention doit être faite cependant pour le système Becker à courant redressé qui permet de charger des accumulateurs grâce à une coupure convenable du collecteur redresseur, qui évite les inversions de courant pendant la partie de la période où la force électromotrice est inférieure à celle des accumulateurs.

# ROLE DU CONJONCTEUR-DISJONCTEUR.

» Les plus ingénieuses des dispositions ci-dessus n'auraient en pratique que des applications difficiles si l'on n'adjoignait un appareil bien connu : le conjoncteur-disjoncteur.

» Dans toutes les installations où il y a des accumulateurs, on se sert de ces instruments dont le nombre est certainement considérable; cependant ils ne jouissent pas d'une grande popularité, leur fonctionnement laisse bien souvent à désirer. Mettre un de ces appareils délicats sur des automobiles semble un non-sens, et, cependant, cela est indispensable, car sans cela les accumulateurs se trouveraient déchargés à chaque arrêt. En outre, le conjoncteur ne fermant qu'à un point bien déterminé, il est possible de s'en servir pour réduire les écarts de fonctionnement imposés et ceci favorise beaucoup les autres appareils de réglage.

» En principe, le conjoncteur-disjoncteur se compose d'un électro portant deux enroulements (*fig. 20*) : le premier D à fil fin

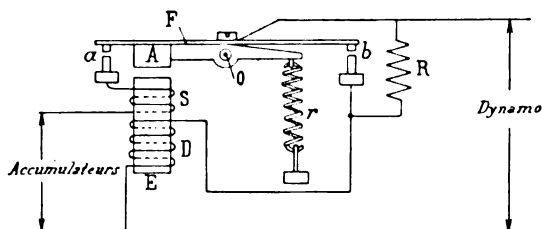


Fig. 20.

est toujours en dérivation aux bornes de la dynamo; le second à gros fil est en série, il reçoit du courant quand les accumulateurs chargent.

» L'électro alimenté par la dérivation attire la palette A, et dès que la tension est suffisante, la résistance du ressort *r* est vaincue, la palette s'abaisse et vient fermer le circuit de charge en *a*; la bobine S ajoute alors son action à celle du circuit D; les choses restent en l'état tant que la dynamo a une force électromotrice suffisante pour fournir du courant aux accumulateurs; au contraire, dès que cette force électromotrice descend trop, les accu-

mulateurs se déchargent, le courant en S change de sens et l'armature A est abandonnée au ressort  $r$  qui la fait remonter. Ce schéma simplifié est celui de la plupart des conjoncteurs.

» On trouve cependant quelques variantes, et la figure 20 représente la disposition employée avec les dynamos  $\varphi$  de Blériot. Lorsque l'armature A est au contact de l'électro, l'induction augmente dans les pièces de fer et, la rémanence s'ajoutant, on trouve que la rupture se produit difficilement : là où le conjoncteur a fonctionné pour une tension de 12 volts, il faudra que la tension descende à 8 volts, et même moins, pour obtenir la disjonction; le courant de décharge des accumulateurs atteindra donc une valeur importante avant que le disjoncteur agisse et cela au détriment de la batterie.

» Dans le disjoncteur Blériot, il y a un second contact  $b$  qui, au repos, met en court circuit une résistance  $R$ ; l'électro fonctionne pour la tension à laquelle il a été réglé; mais, dès que le circuit est fermé en  $a$ , il est ouvert en  $b$  et l'électro D reçoit un courant affaibli, l'armature se détache plus facilement.

» Dans certains systèmes, on emploie des conjoncteurs à force centrifuge, mais ces appareils ne semblent plus en faveur actuellement.

» Une question secondaire est souvent posée à propos de l'éclairage des voitures : quelle est la tension à adopter?

» Actuellement les constructeurs tâtonnent entre 6 et 16 volts !

» Il n'est évidemment pas nécessaire d'employer des tensions élevées pour un réseau aussi réduit, mais cependant on peut se demander s'il n'y a pas excès à adopter des tensions au-dessous de 12 volts. Plus la tension s'abaisse et plus l'influence des contacts intervient : la moindre oxydation des collecteurs, des poussières dans les prises de courant, ont d'autant plus d'influence que la tension est plus basse et, même en mettant de côté la question du rendement, il est permis de dire que le fonctionnement du système doit être meilleur à 12 qu'à 6 volts. On pourrait même augmenter encore s'il n'y avait la complication qui résulte de l'augmentation du nombre d'accumulateurs.

» Si petite que soit la place tenue par cette question dans l'industrie électrique, on voit néanmoins qu'elle a une certaine

importance, maintenant que l'application de l'éclairage électrique se généralise dans les voitures automobiles. »

M. Ch. JACQUIN. — « Les systèmes d'éclairage électrique des automobiles, à présent que ce mode d'éclairage est à la mode, sont devenus extrêmement nombreux (M. Armagnat ne vous a décrit que les plus typiques), alors que les systèmes d'éclairage électrique des trains sont en nombre assez réduit. Les personnes peu versées dans les questions ferroviaires et automobiles pourraient en déduire que l'éclairage électrique des automobiles est un problème plus difficile que celui de l'éclairage électrique des trains. Comme vous l'a dit M. Armagnat, il n'en est rien; on peut admettre sur les automobiles une régulation automatique de la dynamo bien plus sommaire que sur les trains; le seul appareil un peu délicat est le conjoncteur-disjoncteur. La multiplicité des solutions proposées a une cause purement commerciale : chacun veut avoir son système particulier; en réalité, tous fonctionnent d'une façon satisfaisante et l'on peut au besoin se contenter du dispositif d'autorégulation très simple et depuis longtemps tombé dans le domaine public consistant en une excitation inversement compound de la dynamo.

» Par contre, le problème du démarrage électrique du moteur d'automobile, qui commence à devenir à la mode en Amérique, présente de très grandes difficultés. Quand le moteur est complètement froid, il faut, pour le mettre en route, développer une puissance considérable, conduisant, soit à des dynamos très volumineuses, soit à des démultiplications très compliquées. Je n'engage guère les électriciens à se diriger dans cette voie, d'autant plus qu'une solution purement mécanique, qui paraît très pratique, vient d'être créée : c'est l'*autopart* B. R. C., qui consiste simplement à mettre en rotation un volant à cliquet, calé sur l'arbre du moteur, à l'aide d'un câble Herzmark aboutissant à une poignée située sur le devant de la planche-tablier. La mise en route se fait à la main, sans que le conducteur ait à quitter son siège, par un tirage énergique de la poignée; si l'on ne réussit pas du premier coup, il n'y a qu'à repousser la poignée et à la tirer à nouveau. »



M. le D<sup>r</sup> DEBAINS. — « Je me permettrai de faire observer à l'honorable et très érudit conférencier qu'il existe une dynamo pour l'éclairage des voitures complètement différente de celles qu'il a citées, attendu que cette dynamo est un alternateur.

» Cette dynamo donne du courant alternatif à fréquences très variables, puisqu'elle suit exactement les différentes vitesses du moteur. Elle se compose d'un stator à 12 pôles dans l'intérieur duquel tourne un faisceau de six aimants permanents, à des vitesses variant de 500 à 4000 t : m.

» La particularité de ce système consiste en ce que les lampes sont montées en série et que c'est une distribution à intensité constante de 0,45 ampère. A circuit ouvert, la dynamo donne de 110 à 120 volts. Mais on peut la fermer sur une seule lampe de 8 volts, 0,45 ampère sans que l'intensité monte à plus de 0,50 ou 0,55 ampère, à cause de la réaction d'induit, d'autant plus intense que le champ magnétique est plus faible. Quelle que soit la vitesse dans les limites indiquées, le courant n'augmente pas sensiblement.

» Pratiquement, on monte cette machine avec deux lampes de phares de 28 volts, 0,45 ampère, soit 4 bougies environ, et trois lampes de 8 volts, 0,45 ampère pour les lanternes de côté et la lanterne arrière; en tout 80 volts et 0,45 ampère, puisque les lampes sont en série.

» Naturellement, en cas d'arrêt du moteur, on n'a plus de lumière, mais chaque installation est munie d'une pile de secours pour les trois lanternes, et celles-ci sont mixtes, à électricité et essence.

» En outre, pour éviter l'obscurité subite résultant de la rupture du filament d'une lampe quelconque, aux bornes de celle-ci est branchée une petite self qui rétablit la continuité du circuit rompu tout en n'augmentant que très peu le courant normal, le courant traversant la self étant très déwatté.

» Cette dynamo, dont cent trente exemplaires sont en fonctionnement, s'appelle *dynamo Dynalterna* et est construite par MM. Diem et Poëy, 62 bis, avenue Parmentier. »

M. LATOUR. — « Au sujet des dynamos à potentiel constant, il me paraît intéressant de signaler les résultats obtenus, grâce à

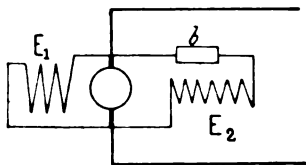
l'emploi de résistances constituées par des filaments de bore.

» Le bore, découvert dans un état de pureté absolue par mon ami M. E. Weintraub, directeur du Laboratoire de Recherches de la General Electric Cy à Lynn, a la curieuse propriété d'offrir au passage du courant une résistance qui varie considérablement avec l'intensité.

» La résistivité du bore diminue dans une progression *géométrique* quand la température augmente dans une progression *arithmétique*. Elle diminue de moitié pour une augmentation de température de 16° environ.

» Le passage du courant élevant la température par effet Joule, la résistance d'un filament de bore varie par suite avec l'intensité du courant qui le traverse.

» Lorsqu'on applique donc une tension variable sur un filament



de bore, il y a un véritable voltage de rupture qui fait que l'on passe brusquement d'un courant insensible à un courant notable.

» En utilisant un filament de bore, il est facile de réaliser des dynamos à intensité constante. Ces dynamos porteront, par exemple, un enroulement shunt normal  $E_1$  et un enroulement démagnétisant  $E_2$  agissant en sens inverse. Ce dernier enroulement  $E_2$  sera connecté avec interposition d'un filament de bore dans son circuit. Si la tension tend à augmenter, on voit aussitôt que la résistance de filament de bore s'évanouissant, l'enroulement  $E_2$  diminue automatiquement l'excitation de la machine. Le voltage de la machine peut ainsi être réglé de façon à être maintenu pratiquement constant sans aucun dispositif accessoire ».

M. le PRÉSIDENT remercie les divers orateurs qui viennent de prendre part à la discussion, et plus spécialement M. Armagnat pour le captivant exposé qu'il nous a fait ; il a d'ailleurs pu s'apercevoir à l'attention avec laquelle a été suivie sa Communication du vif intérêt qu'elle a suscité.

M. Armagnat a dû se livrer à un travail considérable pour réunir la documentation si complète qu'il nous a apportée. Il est coutumier du fait; mais nous sommes tous heureux ce soir d'avoir pu en profiter.

Le problème de l'éclairage des automobiles par dynamos ne peut évidemment pas être rangé dans la catégorie de ceux qui ont une grosse importance industrielle; la preuve en est qu'abordé dès les premiers temps de l'automobile, il est resté ensuite en panne pendant de longues années et n'a recommencé à progresser que tout récemment, mais c'est un des plus curieux que puissent se proposer ceux qui ont le goût des recherches électriques. A la suite de M. Armagnat, nous avons fait une véritable promenade à travers des chapitres très variés de la technique. On reste émerveillé de la somme d'ingéniosité et d'invention qui a été dépensée par les chercheurs dans ce domaine un peu spécial, en sorte que l'impression qui nous reste de la Communication de M. Armagnat est, si j'ose dire, à la fois esthétique et scientifique.



**NOUVEL APPAREIL A DEUX AIGUILLES ET A LECTURE INSTANTANÉE,  
POUR LA MESURE DES JOINTS DE RAILS.**

M. LEBAPIN. — « Messieurs, nous allons vous présenter tout à l'heure un nouvel appareil à deux aiguilles et à lecture instantanée, pour la mesure des joints de rails. Cet instrument est né aux Chemins de fer de l'État d'une série d'études et de recherches, entreprises en vue d'arriver à exercer avec facilité un contrôle pour ainsi dire permanent sur l'état électrique des voies.

» Nous verrons dans un instant comment nous avons été amenés à concevoir cet appareil, en voulant satisfaire aux exigences de l'arrêté du 21 mars 1911 relatif à la voie électrique. Nous rappelons les paragraphes qui sont, pour les ingénieurs s'occupant de traction électrique, une cause constante de soucis :

**ARTICLE 28. — Voie.**

« § 1. La conductance de la voie est assurée dans les meilleures  
» conditions possibles, notamment en ce qui concerne les joints  
» dont la résistance ne doit pas dépasser pour chacun d'eux celle  
» de 10 m de rail normal.

» L'exploitant est tenu de vérifier périodiquement cette conductance et de consigner les résultats obtenus sur un registre  
» qui doit être présenté à toute réquisition du Service du Contrôle.

» § 2. La perte de charge dans les voies, mesurée sur une longueur de voie de 1 km prise arbitrairement sur une section  
» quelconque du réseau, ne doit pas dépasser en moyenne 1 volt  
» pendant la durée effective de la marche normale des voitures. »

» En ce qui concerne le paragraphe 1, on dispose de plusieurs méthodes pour déterminer la conductance de la voie. C'est de la voie de roulement dont on veut parler principalement ici; la voie d'alimentation est moins intéressante, parce qu'elle est obligatoirement mieux isolée et qu'en outre les éclisses se comportent

mieux sur ce rail que sur le rail de retour, étant donné qu'il est soumis à de moindres chocs et à moins de trépidations.

» La méthode à laquelle on a recours en général consiste à déterminer la valeur individuelle des joints à l'aide des nombreux appareils qu'on trouve dans l'industrie (Lord Kelvin, Siemens, Hartmann, Compagnie des Compteurs, Carpentier, etc.).

» Ce procédé est employé notamment par le Métropolitain de Paris et par un grand nombre de Compagnies de tramways; il donne des résultats satisfaisants, bien que les lectures soient fréquemment pénibles et parfois incertaines. Il fut également essayé aux Chemins de fer de l'État, il y a bien longtemps déjà. Tous les appareils cités plus haut furent successivement employés, mais ils ne donnèrent pas de résultat vraiment pratique, de l'aveu même des constructeurs. Nous accusâmes principalement, à cette époque, le mode d'exploitation de la ligne dont l'inconvénient, par suite du peu de trains en prise sur la voie, était de faire circuler, en un point quelconque de cette dernière, des intensités extrêmement variables, s'annulant fréquemment, et changeant même de sens dans les rails soumis aux essais. Nous verrons, par la suite, que ce n'était pas la seule raison des difficultés d'emploi de ces appareils.

» Nous avons pensé immédiatement à employer ce même procédé, non plus sur le courant de traction, mais sur un courant constant, en dehors des heures de service. Pour cela, on met, pendant la nuit, la ligne en court circuit sur une sous-station, de façon à obtenir une intensité suffisante.

» C'est le système adopté par la Compagnie P.-L.-M. sur la ligne électrique du Fayet à Chanonix; la voie est alimentée par des génératrices entraînées par des turbines. En ce qui nous concerne, la réalisation du problème est plus difficile du fait de l'emploi des commutatrices qui ne permettent guère de baisser la tension au-dessous de 500 volts. Dans ces conditions, il faut surtout, si l'on ne dispose pas d'une longueur suffisante de voie pour obtenir pendant plusieurs heures une valeur convenable du débit, intercaler des résistances réglables, ce qui complique notablement l'opération et réduit encore le temps pendant lequel les essais peuvent être effectués. Ce temps n'est guère que de 2 heures et demie sur

la ligne Invalides-Versailles, ce qui ne permet pas de vérifier plus de 1000 m de voie simple par nuit d'essai. C'est d'ailleurs le gros inconvénient des appareils à joints : ils sont d'un emploi trop long.

» Si donc on totalise les frais de courant et de main-d'œuvre, on arrive à une dépense d'environ 7000 fr pour la vérification d'une ligne de 18 km comprenant deux voies électriques complètes (avec les deux rails d'alimentation) comme celle des Invalides à Versailles.

» Ce chiffre était vraiment trop élevé pour qu'on s'arrêtât à cette solution. Aussi eut-on l'idée, pour procéder plus rapidement, de recourir, la voie étant mise en court circuit comme précédemment, à la détermination de la résistance totale d'une certaine longueur de rails, par la mesure de la chute de tension et de l'intensité à ses deux extrémités (*fig. 1*). On en déduisait très facilement,

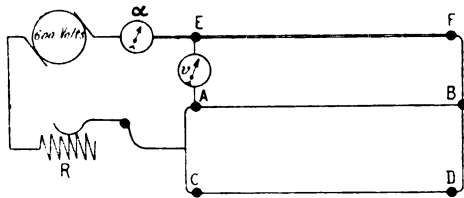


Fig. 1.

par la connaissance de la résistance ohmique du rail seul et du nombre de joints, la valeur moyenne de ces derniers.

» Bien qu'on ne recherche pas ici une grande précision, il y a lieu de remarquer que la résistivité des rails ne peut être connue qu'approximativement et que, d'autre part, l'isolement de la voie de retour joue un rôle important, tout en n'étant lui-même connu que très imparfaitement : les rails de retour présentent, en effet, entre eux des différences de résistance sensibles; de plus, leurs différents degrés d'usure rendent ces écarts encore plus grands. Quant à l'isolement de la voie de retour, par rapport à la terre, il est difficile à préciser et, comme tous les très faibles isollements, il est très mal déterminé. C'est ainsi que, dans le cas qui nous occupe, nous avons pu relever sur la même section de voie, dans la même nuit et à quelques minutes d'intervalle, suivant la nature de la prise de terre (caniveau plein d'eau, conduite d'eau, conduite de gaz), les valeurs

respectives suivantes : 11,3; 5,2; 4,3 ohms. Ces chiffres sont en outre variables avec l'état de l'atmosphère, et la section de voie précédente donna à un autre moment les chiffres suivants : 18,2; 8; 6,5 ohms. Enfin, dans la même journée, de 9 h à midi, nous avons obtenu sur une même partie de voie des isollements présentant des écarts de 20 pour 100.

» Si nous ajoutons maintenant que les quatre rails de roulement sont réunis en parallèle, on voit qu'il est impossible de déterminer avec une approximation quelconque, sous ce voltage d'alimentation élevé, l'intensité qui peut circuler dans un seul rail de retour. Dans ces conditions, il n'est pas besoin d'insister pour condamner cette méthode.

» Nous avons, toutefois, pu la modifier utilement de la façon suivante :

» Soient AB, CD, KL, MN les quatre rails de roulement que nous réunissons entre eux aux points (A, C, K, M) et (B, D, L, N) et soient EF, GH les deux rails de courant que nous supposons isolés l'un de l'autre (*fig. 2*).

» Réunissons en F le rail EF avec les quatre rails de roulement

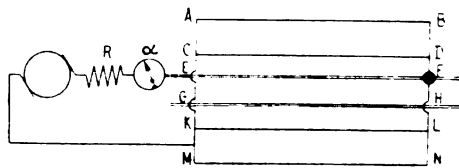


Fig. 2.

et alimentons le circuit E (B, D, F, L, N) (A, C, K, M) au moyen d'une source à bas voltage, en intercalant un ampèremètre et une résistance réglable  $R$ .

» Réunissons maintenant les points H et F et plaçons un voltmètre entre les points E et G; cet appareil nous indiquera sans erreur appréciable la chute de tension dans le conducteur EF (le rail GH a en effet une très faible résistance d'environ 0,035 ohm, par kilomètre, négligeable devant celle du voltmètre).

» Si maintenant nous plaçons le voltmètre entre les points E et M, nous aurons la chute de tension dans le circuit complet.

» De ces deux mesures, on déduit facilement les résistances cherchées.



» Il y a lieu de remarquer, qu'en procédant de cette façon, on peut négliger les fuites dues à l'isolement de la voie, parce que la différence de potentiel entre le rail de courant et le rail de roulement n'est que de quelques volts.

» Cette méthode simple en elle-même nécessite toutefois l'emploi de courant à bas voltage et réclame, en outre, toute une préparation. De plus, l'essai ne peut être fait qu'en dehors des heures de service; et si cela est possible, à la rigueur, sur des voies spécialisées pour la traction électrique, il ne peut en être question que d'une façon tout à fait exceptionnelle sur des lignes parcourues encore par des trains à vapeur après l'arrêt des trains électriques. Enfin la connaissance de la valeur moyenne des joints ne résout pas la question. Il peut se faire (et nous le verrons plus loin) que quelques-uns d'entre eux possèdent, malgré tout, une résistance exagérée et inadmissible.

» Comme d'ailleurs la résistance d'isolement de la voie de roulement est toujours très faible, on doit éviter toute valeur très grande des joints en des points déterminés. Cela aurait pour effet d'offrir la terre comme chemin de retour à une notable partie du courant; d'où danger pour les canalisations avoisinantes et les câbles mêmes de l'entreprise.

» Malgré les difficultés que nous venons de signaler, concernant l'emploi de cette méthode, elle fut néanmoins adoptée à différentes reprises. Dans l'un de ces essais, la valeur moyenne des joints étant trop élevée, on en fut réduit, faute de mieux, à procéder au démontage successif de toutes les éclisses, afin de les examiner et de remplacer celles qui étaient mauvaises.

» Enfin, dans un dernier essai effectué après un nouvel éclissage de voie, on obtint, pour 4 km de voie de roulement, une valeur moyenne de 2,60 m par joint. (Nous donnerons plus loin les valeurs individuelles de ces joints obtenues avec notre nouvel appareil.)

» Il faut donc, en définitive, toujours en revenir à l'essai individuel des joints si l'on veut connaître l'état de la voie au point de vue électrique, et en maintenir la résistance dans des limites acceptables.

» C'est d'ailleurs grâce à un service de vérification parfaitement

organisé et qui fonctionne à peu près sans arrêt que le Métropolitain de Paris possède une voie dont les joints ont une faible valeur. Il est toutefois utile de faire remarquer que l'entretien des éclisses y est certainement beaucoup plus facile que sur une ligne de chemins de fer, parce que la voie est mieux soutenue, par suite de la nature de la plate-forme. En outre, les convois n'y circulent qu'à des vitesses moins grandes, et les essieux sont fort peu chargés. Enfin, les variations de température sont très peu sensibles au Métropolitain. Il résulte de cette série de circonstances que les éclisses y sont soumises à moins de vibrations, à des chocs moins importants et à des dilatations et contractions peu sensibles.

» M. Mazen, ingénieur en chef du Service électrique, préoccupé à juste raison de cette question d'entretien des voies électriques, et voyant finalement les difficultés de vérification qu'on rencontrerait aux Chemins de fer de l'État lorsque, dans quelques années, elles auraient atteint un développement d'à peu près 500 km, fit entreprendre une étude complète des appareils à joints existants.

» Nous allons rappeler brièvement le fonctionnement d'appareils basés sur l'emploi du galvanomètre différentiel ou du pont de Wheatstone.

» 1<sup>o</sup> *Appareils basés sur l'emploi du galvanomètre différentiel.* — Le galvanomètre différentiel est composé de deux circuits identiques quant à leur résistance et à leur action sur l'équipage. Ces deux circuits sont reliés à deux circuits extérieurs parcourus par des courants  $i$  et  $i'$ , les communications étant établies de telle sorte que les courants circulent en sens inverse dans les deux circuits. Les actions de ces deux circuits seront ( $G$  et  $G'$  étant les constantes galvanométriques)  $Gi$  et  $G'i'$ .

» L'action résultante ou *différentielle* sera donc

$$Gi - G'i'.$$

» Dans les appareils industriels, comme ceux dont nous parlons, on peut toujours admettre que les constantes  $G$  et  $G'$  sont identiques; l'équipage sera donc au repos quand on aura

$$Gi = G'i',$$

c'est-à-dire

$$i = i'.$$

» Soit  $g$  la résistance commune des deux cadres galvanométriques (fig. 3). Si on les relie respectivement aux deux circuits

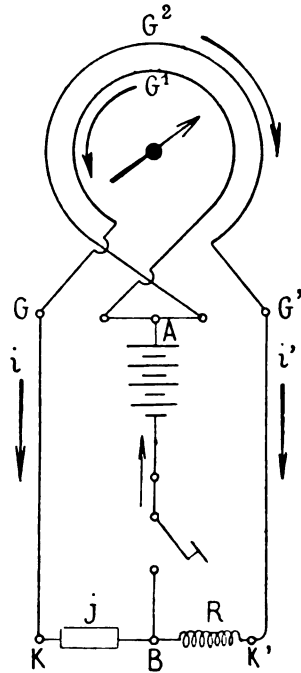


Fig. 3.

extérieurs  $R$  et  $J$  alimentés par la même source de courant  $E$ , ils seront parcourus par des intensités  $i$  et  $i'$  et l'on aura évidemment

$$E = (g + R)i = (g + J)i'.$$

» Si  $J$  étant constant on fait varier  $R$  jusqu'à amener le galvanomètre au zéro, on en déduira  $i = i'$  et l'on écrira

$$g + R = g + J$$

ou

$$J = R.$$

» La réalisation des appareils basés sur ce principe est la suivante :

» Un milliampèremètre à enroulements différentiels est enfermé dans une boîte en bois. Le zéro de la graduation est situé au milieu de cette dernière, afin que la lecture puisse se faire quel que soit le sens du courant dans le rail.

» Sur une planchette P sont fixés deux contacts K, B en forme de dents de scie embrassant le joint à mesurer et reliés aux deux premières bornes de l'appareil de mesure. Un troisième contact K', identique aux précédents, fixé au bout d'une canne R et relié à la troisième borne du milliampèremètre, permet de faire varier la distance BK' sur le rail (fig. 4 et 5).

» Pour faire une mesure, un premier opérateur place la plan-

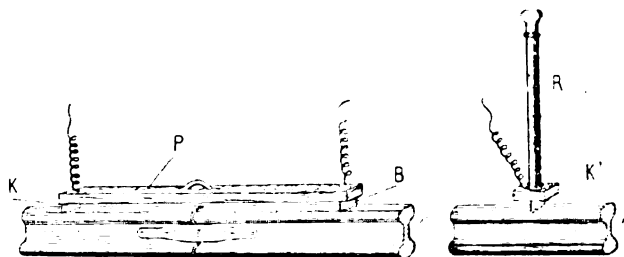


Fig. 4.

chette à deux contacts P au-dessus du joint à mesurer, et l'appuie avec ses mains sur le rail; un deuxième opérateur appuie la canne R en différents points du rail jusqu'à ce que l'équilibre du milliampèremètre soit obtenu. On mesure alors la longueur BK'.

» Le rail KBK' étant parcouru par le courant I, les deux circuits galvanométriques KGAB, BAG'K' sont parcourus par des courants i et i' en sens inverse (fig. 5). On peut donc écrire, en

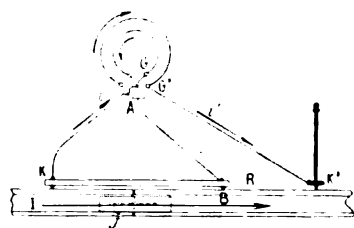


Fig. 5.

appelant J la résistance du joint, R la résistance de la longueur BK' de rail et g la résistance commune des deux circuits galvanométriques :

$$JI = gi,$$

$$RI = gi',$$

d'où

$$\frac{J}{R} = \frac{i}{i'}.$$

» Mais quand l'équilibre du galvanomètre est obtenu, c'est qu'on a

$$i = i'.$$

Il en résulte alors

$$J = R.$$

» 2<sup>o</sup> *Appareils basés sur l'emploi du pont de Wheatstone.* —

Le pont de Wheatstone est trop connu pour que nous en parlions. Nous donnons simplement le schéma de l'ancien appareil Carpentier basé sur ce principe :

» Lorsque l'appareil est en fonctionnement, il est disposé comme

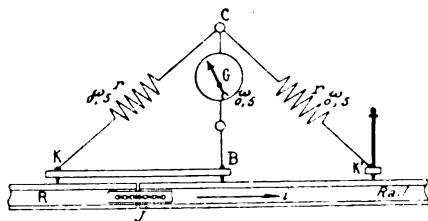


Fig. 6.

l'indique la figure 6; les prises de courant sont les mêmes que celles des appareils précédents.

» On voit que les quatre points K, C, K', B. sont les sommets d'un pont de Wheatstone dont les branches possèdent les résistances respectives  $r, r, R, J$ . Au moment de l'équilibre, on peut écrire immédiatement

$$J = R.$$

» Tous ces appareils ingénieux sont simples et robustes, mais ils présentent le grand inconvénient de *nécessiter des tâtonnements parfois très longs*, pour arriver à déterminer la position exacte du contact K' correspondant à l'équilibre du galvanomètre. Cette difficulté de lecture se complique de ce qu'au moment de la faire, le courant change parfois de valeur ou de sens, ou bien devient insuffisant.

» Dans le premier cas, l'équilibre ne peut être obtenu (bien qu'il soit, en principe, complètement indépendant des variations de courant), parce que le joint change de valeur en même temps que l'intensité; dans le deuxième cas, l'équilibre persiste sans aucune signification. Enfin, lorsque la position d'équilibre est déterminée,

il faut procéder à un mesurage pour connaître la longueur BK' de rail équivalent au joint en essai.

» Nous avons, en outre, constaté que le système des trois prises de courant était défectueux; car si l'un des contacts K ou K' est mauvais dans cette méthode, il en résulte que la lecture est grossièrement faussée. Cela arrive d'ailleurs fréquemment, parce que, à la main, la pression exercée n'est ni assez forte, ni assez uniforme. Pour que les résultats cessent d'être variables, il faut frotter très énergiquement les griffes de contact sur le rail, avant d'exercer une forte pression.

» Nous avons pu démontrer ces différents inconvénients à l'aide d'un instrument de fortune que nous avons réalisé avec deux millivoltmètres reliés chacun à une double prise de courant comme sur la figure 7. Toutefois, ces doubles prises pouvaient être serrées

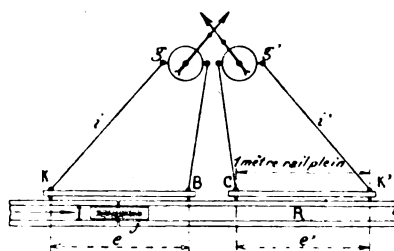


Fig. 7.

très énergiquement à l'aide d'un dispositif spécial. L'une d'elles s'appliquait au-dessus du joint et l'autre sur le rail plein.

» Si l'on procédait à des mesures en appliquant les prises de courant à la main, on trouvait parfois des chiffres très différents, variant du simple au triple, tandis que, avec le serrage mécanique, les résultats restaient identiques. Enfin, si avec les instruments à joints ordinaires on n'obtenait aucun résultat sur la ligne Invalides-Versailles, on ne rencontrait aucune difficulté avec cet appareil rudimentaire. Il exigeait cependant la présence de deux opérateurs pour faire la lecture simultanée des deux millivoltmètres, ce qui était inacceptable dans la pratique.

» Examinons néanmoins la façon dont fonctionne cet appareil; il est représenté par la figure 7. On peut écrire :

$$JI = gi,$$

$$RI = g' i'.$$

$J$ , résistance du joint;

$R$ , résistance de 1 m de rail plein;

$g$ , résistance du millivoltmètre, côté joint;

$g'$ , résistance du millivoltmètre, côté rail;

$i$ , intensité dans le millivoltmètre  $g$ ;

$i'$ , intensité dans le millivoltmètre  $g'$ ;

$\alpha$ , déviation du galvanomètre  $g$  (proportionnelle à  $i$ );

$\alpha'$ , déviation du galvanomètre  $g'$  (proportionnelle à  $i'$ ).

» On en déduit

$$\frac{J}{R} = \frac{g}{g'} \frac{i}{i'} = k \frac{\alpha}{\alpha'} = K \frac{\alpha}{\alpha'},$$

d'où

$$J = KR \frac{\alpha}{\alpha'}.$$

» Mais on peut encore écrire

$$J = K \frac{\rho l 10^3}{s} \frac{\alpha}{\alpha'} = \frac{\rho l 10^3}{s},$$

en appelant  $\rho$ , résistivité du rail plein essayé;  $l$ , longueur équivalente du joint en mètres de rail plein;  $s$ , section du rail plein. On a donc finalement

$$l = K \frac{\alpha}{\alpha'},$$

formule qui donne la longueur  $l$  en mètres du rail plein équivalente au joint essayé.

» Si l'on réunit dans un même appareil les deux équipages des millivoltmètres, les deux aiguilles qui mesurent  $\alpha$  et  $\alpha'$  se croisent devant un cadran et leur point d'intersection permettra de faire une lecture. Si l'on a préalablement tracé sur le cadran un réseau de courbes correspondant à des valeurs déterminées et graduées de  $l$  lorsque  $\alpha$  et  $\alpha'$  varient, ce réseau permettra de lire directement la valeur de  $l$  donnée par le point de croisement des aiguilles. C'est le principe même indiqué par Ferrié et qui a été réalisé par la maison Carpentier dans un certain nombre d'instruments de mesures et, en particulier, dans un récent ohmmètre.

» Le nouvel appareil à joints était donc trouvé. Vous le voyez ici, et je vais le faire fonctionner dans un instant. Il a été construit

par la maison Carpentier. Il est gradué en *mètres de rail* et donne par la lecture directe la résistance du *joint* en *mètres de rail* (fig. 8).

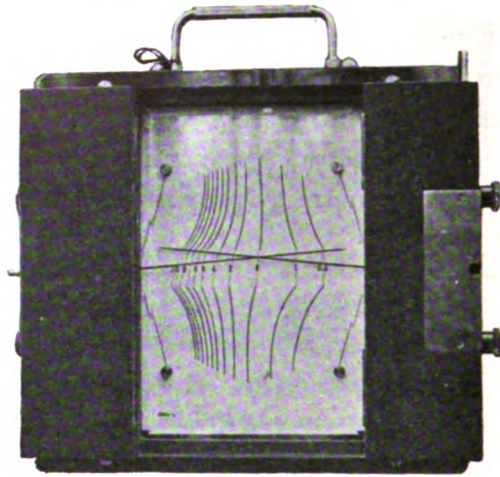


Fig. 8.

» Il porte deux commutateurs à deux directions reliés à chacun des galvanomètres. Dans la position marquée 5, chaque commuta-

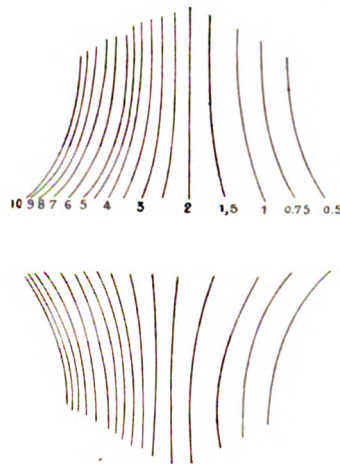


Fig. 9.

teur met en série avec le galvanomètre correspondant une résistance qui diminue 5 fois sa sensibilité. Le commutateur « rail » étant sur 5, on divise les lectures par 5; le commutateur « joint » étant sur X5, on les multiplie par 5.

» Les deux millivoltmètres sont semblables et isolés pour



600 volts. Leur cadre est bobiné en gros fil, leur résistance est de 1,7 ohm. Ils donnent leur déviation maximum pour 44 milliampères ou 7,5 millivolts.

» La courbe 1 mètre serait située dans l'axe, si l'on n'avait, pour diminuer la partie du cadran couverte par les courbes inférieures à 1 mètre, ce qui est en général le cas le moins fréquent, diminué la sensibilité du galvanomètre « joint » par une résistance égale à la sienne placée en série. De cette façon, c'est la courbe 2 mètres qui se trouve dans l'axe, ainsi que le montre la figure 9.

» Afin d'éviter toute détérioration de l'appareil, lorsque le courant qui circule dans le rail est trop intense ou lorsqu'on rencontre un mauvais « joint », on a donné au noyau et aux pièces polaires des formes spéciales, pour que les millivoltmètres aient leur maximum de sensibilité au voisinage du zéro (fig. 10).

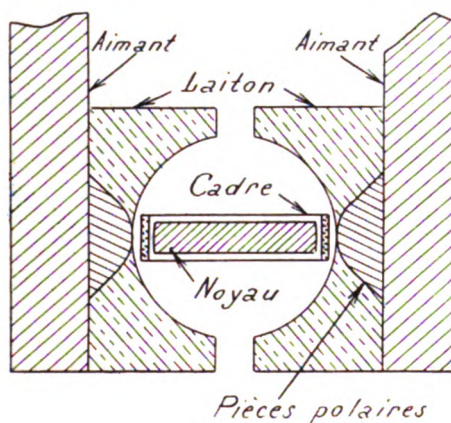


Fig. 10.

» La courbe des millivolts aux bornes des appareils en fonction de l'angle de déviation est donnée par la figure 11. L'examen de cette courbe montre que cette disposition spéciale des pièces polaires permet de faire des mesures plus précises que celles qui seraient faites avec un appareil dont les déviations seraient proportionnelles aux millivolts.

» Quant à l'appareil de prise de courant à serrage instantané, il a été exécuté par l'Atelier du Laboratoire électrotechnique des Chemins de fer de l'État.

» C'est peut-être la partie la plus importante de l'appareil, parce que c'est de la façon dont sont effectuées les prises de courant que

dépend la valeur des indications trouvées. On a vu, en effet, que les anciens modèles ne donnaient pas toujours des résultats concordants, par suite de l'insuffisance de leurs prises de courant. C'est pour la même raison que la valeur des joints était à peu près impossible à obtenir sur la ligne Invalides-Versailles. Cela était dû à une particularité de cette voie, que nous supposons, d'ailleurs,

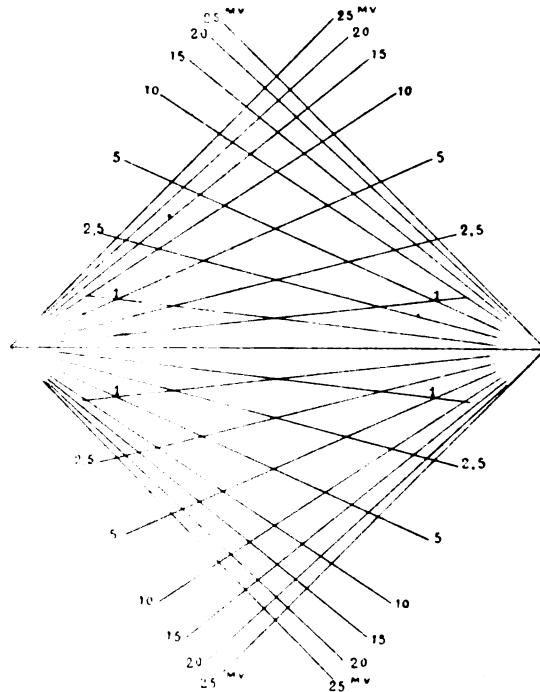


Fig. 11.

être commune à toutes les voies électriques parcourues aussi par des trains à vapeur. Il semble que la nature de la surface du rail de roulement n'est pas la même que celle des voies spécialisées à la traction électrique. La surface de ces dernières a l'air parfaitement propre et nettoyée par le passage du courant, tandis que, dans le premier cas, la couche superficielle du rail paraît oxydée en même temps qu'elle est très difficile à gratter et à percer. Les nouvelles prises de courant remédient complètement à ces inconvénients.

» Il est, en outre, indispensable que ces prises de courant se mettent en place automatiquement pour la rapidité du fonction-

nement et s'enlèvent de la même façon, sans aucune difficulté, pour éviter aux agents toute cause d'accident.

» L'étude de cet appareil très simple a été néanmoins laborieuse, parce qu'il se présentait une difficulté résultant de l'emploi sur le réseau de l'État d'un grand nombre de types de rails différents munis d'éclisses mécaniques différentes. On a dû renoncer, à cause de cela, à trouver un appareil pouvant convenir dans tous les cas. On est arrivé finalement à combiner un instrument composé de

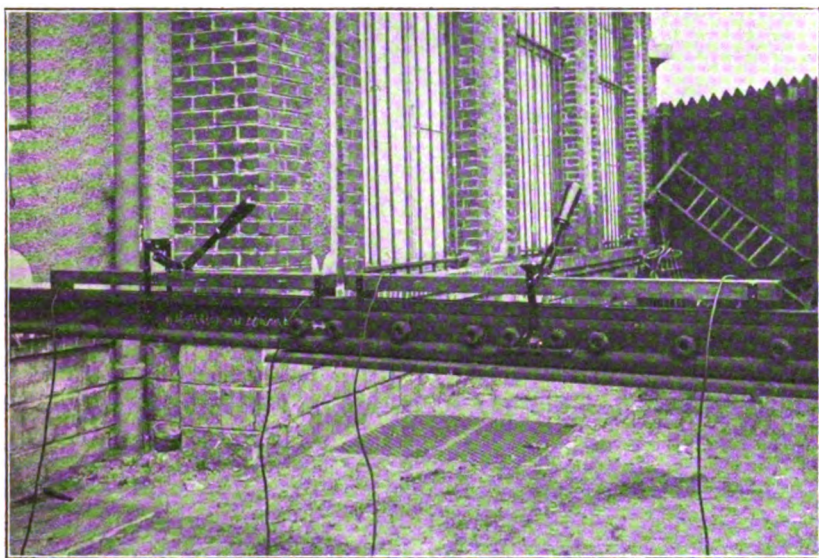


Fig. 12.

deux parties (*fig. 12*) pouvant servir pour tous les rails de roulement, ainsi que pour le rail d'alimentation Invalides-Versailles. On a, en outre, exécuté pour le nouveau type de rail d'alimentation de 76 kg (*fig. 13*) un deuxième appareil représenté par la figure 14.

» Les figures 15 et 16 représentent le mode d'emploi de l'appareil.

» Il est intéressant de faire maintenant un certain nombre de remarques concernant les joints et leur mesure :

» La résistance électrique d'un joint est la résistance ohmique comprise entre les extrémités les plus éloignées de l'éclissage, puisque l'éclissage électrique et l'éclissage mécanique concourent



en même temps à la conductibilité de la voie. Toutefois, nous avons constaté que, lorsque l'éclissage électrique manque, l'éclisse méca-

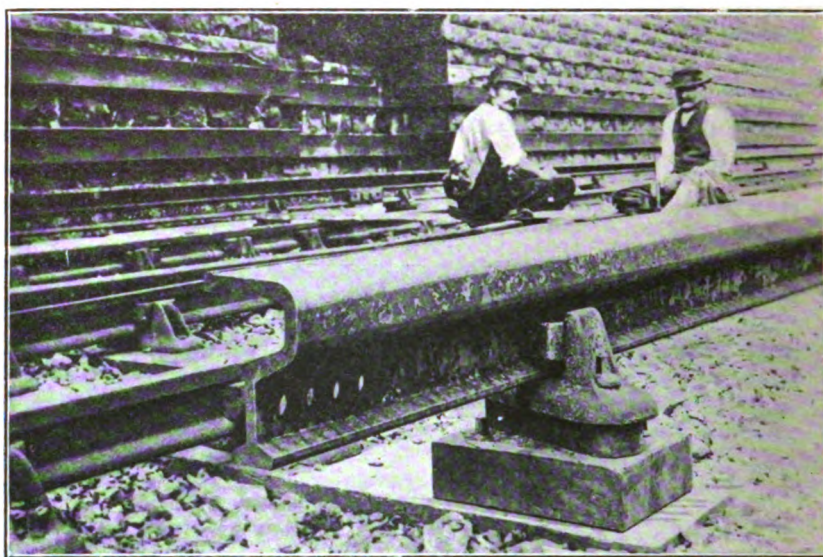


Fig. 13.

nique seule correspond à une longueur de rail plein comprise généralement entre 50 m et 100 m, alors qu'une bonne éclisse électrique recouverte par l'éclisse mécanique varie de 1 m à 10 m au plus. On

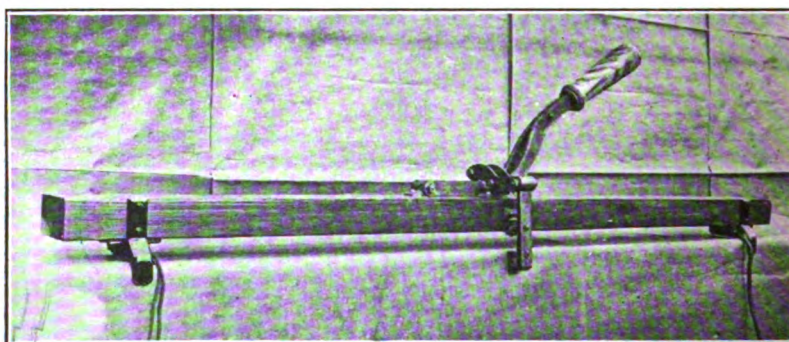


Fig. 14.

voit donc que l'éclisse mécanique n'ajoute sensiblement rien comme conductibilité à l'éclisse électrique, et qu'on peut la négliger complètement dans tous les cas.

» Il en résulte que la résistance électrique d'un joint doit être

définie par la résistance ohmique de la longueur de voie comprise entre les points extrêmes de l'éclissage électrique (fig. 19 et 20).

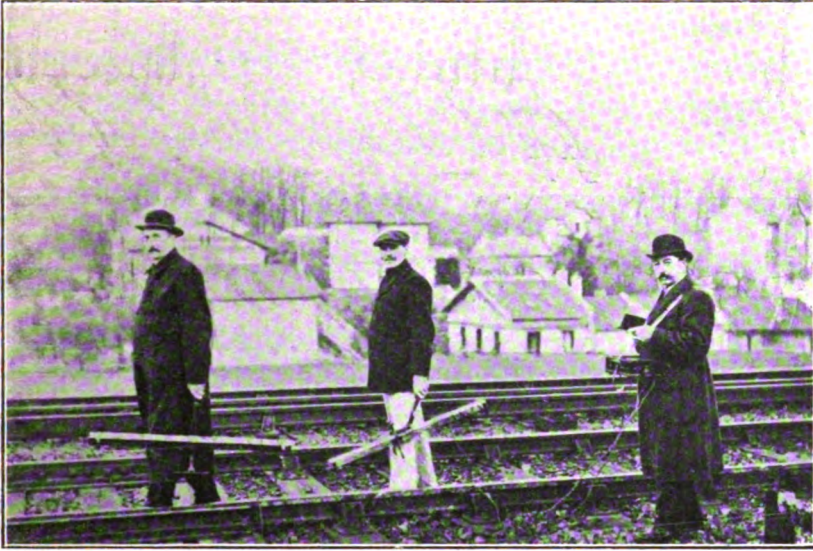


Fig. 15.

» Comme la longueur des éclisses électriques est variable suivant

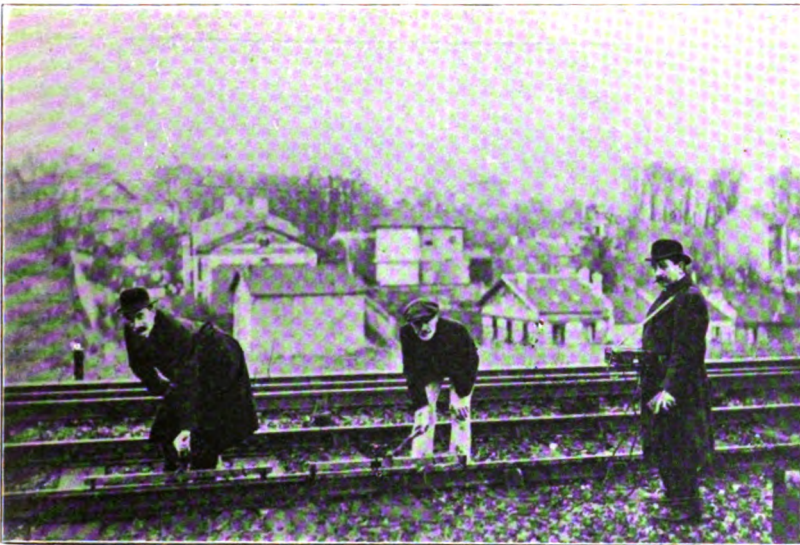


Fig. 16.

le type employé, et comme, d'autre part, il est indispensable pour la solidité de l'appareil, pour la rapidité des manœuvres et pour



l'obtention de bons contacts, que les doubles prises de courant soient fixes, on a choisi la distance de ces dernières égale à 1 m, aussi bien pour la double prise du joint (*fig. 17*) que pour la double prise du rail plein (*fig. 18*).

» D'ailleurs cette longueur de 1 m est très convenable parce qu'on peut employer, pour confectionner l'appareil, des pièces de bois pas trop flexibles, permettant néanmoins un léger déplacement

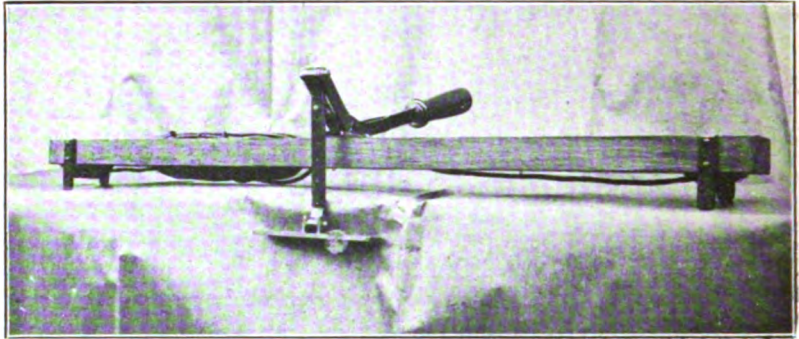


Fig. 17.

des griffes de contact — condition essentielle pour une bonne prise de courant — tout en exerçant sur celle-ci une très forte pression.

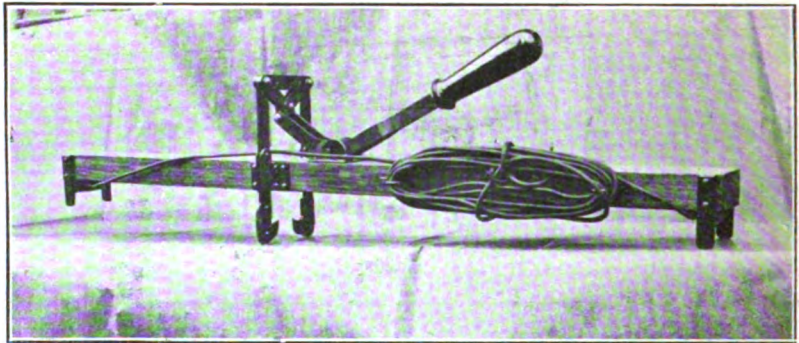


Fig. 18.

» Il résulte des explications qui précèdent que la lecture de l'appareil ne donne pas toujours la mesure directe. Deux cas sont à envisager :

» 1<sup>o</sup> La distance  $\lambda$  des points extrêmes de l'éclissage électrique est inférieure à 1 m (*fig. 19*).

» Dans ces conditions, si l'on appelle :

$l$  la longueur en mètres lue à l'appareil,

$\lambda$  la longueur en mètres des joints extrêmes de l'éclissage électrique,

$x$  la longueur équivalente du joint,

on doit écrire

$$x + (1 - \lambda) = l,$$

d'où

$$x = l - (1 - \lambda).$$

» Ainsi, pour une éclisse de 0,40 m, l'appareil indiquant une lon-

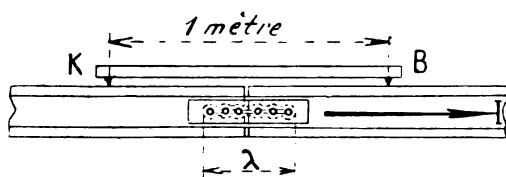


Fig. 19.

gueur équivalente de 2,70 m, la valeur réelle du joint sera de 2,10 m.

» 2° La distance des points extrêmes de l'éclissage électrique est supérieure à 1 m (fig. 20).

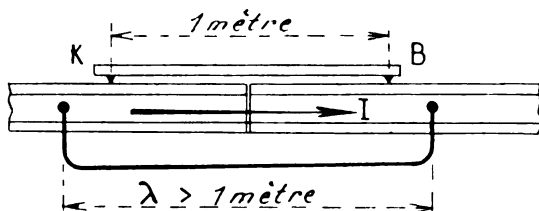


Fig. 20.

» Dans ce cas, il va de soi que la valeur réelle du joint est celle donnée par l'appareil.

» La première utilisation de cet appareil a été de comparer le résultat donné par lui avec celui obtenu, sur une longueur de voie de 4 km, par la dernière méthode précédemment décrite. La valeur moyenne des joints, comme nous l'avons vu, avait été trouvée égale à 2,60 m et la moyenne des chiffres donnés par l'appareil fut de 2,75 m. Mais, bien que ces deux valeurs fussent équiva-

lentes, toutes les valeurs furent comprises entre 0,35 m et 2,70 m, sauf pour les 10 joints suivants :

- » 3 joints de 80 m (éclisses électriques manquant);
- » 1 joint de 50 m (trous de rail d'un diamètre trop grand);
- » 4 joints de 20 m (éclisses insuffisamment fixées);
- » 2 joints de 5,50 m (éclisses insuffisamment fixées).

» Après remise en état des éclisses mauvaises, la moyenne fut ramenée à 1,60 m.

» *On voit, par cet exemple, toute l'importance de la détermination des valeurs individuelles des joints.*

» Il nous reste maintenant à indiquer qu'avec cet appareil on peut, en général, vérifier dans le même laps de temps 6 à 7 fois plus de joints qu'avec l'ancienne méthode.

» Pour fixer les idées, nous avons constaté pratiquement que le temps nécessaire à la vérification de la ligne Invalides-Versailles, qui aurait été antérieurement d'une centaine de jours, ne serait plus, à l'heure actuelle, que d'une quinzaine de jours.

» Les personnes qui, par préférence ou par habitude, désirent continuer à opérer en prenant les contacts par simple pression de la main, peuvent également le faire avec ce nouvel appareil, en supprimant le dispositif de serrage mécanique.

» Nous ne croyons pas, cependant, que cet ancien procédé soit suffisant, étant donné que, par l'intermédiaire de tels contacts, il s'agit de mesurer des résistances dont les ordres de grandeur sont compris entre 50 et 500 microhms.

» En ce qui concerne le paragraphe 2 de l'arrêté, nous pouvons, à l'aide de ce nouvel appareil, déterminer la perte de charge dans les voies. Il suffit pour cela de graduer le millivoltmètre « rail » en millivolts. On lit alors sur cette graduation, tout en vérifiant les joints d'un kilomètre de voie, par exemple, la plus grande valeur obtenue. De cette dernière quantité et de la connaissance de toutes les valeurs des joints, on en déduit la plus grande valeur de la perte de charge sur ce kilomètre.

» On peut aussi, par le graphique des trains, déterminer les points du réseau et les heures de la journée où la charge atteint la valeur la plus petite, la valeur moyenne et la valeur la plus grande. Des



différentes indications de l'appareil, on peut alors déduire la valeur moyenne de la perte de charge sur le réseau.

» Il faut remarquer que cette perte de charge est extrêmement variable avec l'état de l'atmosphère, et qu'elle devient d'autant plus faible que l'isolement des rails est précisément moins bon.

» L'importance de cette perte de charge dépend d'ailleurs surtout de la situation de la ligne par rapport aux entreprises étrangères, aux ouvrages et aux différents appareils qui pourraient avoir à souffrir de son voisinage.

» C'est précisément ce qu'indique le paragraphe 6 de l'arrêté du 21 mars 1911 :

« Aussi longtemps qu'il n'existe pas de masses métalliques dans  
» le voisinage des voies, une perte de charge supérieure aux limites  
» fixées au paragraphe 2 peut être admise, à condition qu'il n'en  
» résulte aucun inconvénient et en particulier aucun trouble dans  
» les communications télégraphiques et téléphoniques, ni dans  
» les lignes de signaux de chemins de fer. »

» En dernier lieu, nous indiquerons un avantage considérable de ce nouvel appareil : c'est que, tout en donnant, par une lecture très facile et très rapide des résultats exacts, il peut être mis entre n'importe quelles mains, même non exercées. On ne peut en faire autant avec tous les autres appareils, dans lesquels il y a toujours pour la lecture une question d'appréciation.

» Nous ne saurions terminer cet exposé, sans remercier l'Administration des Chemins de fer de l'État, qui nous a fourni les moyens de mener à bien ces intéressantes études.

» Nous avons à remercier tout particulièrement M. Barillot, sous-chef du Laboratoire, membre de la Société, à qui nous devons avec l'aide des Ateliers Carpentier, et en particulier de M. Joly, notre distingué Secrétaire général, la mise au point de tout l'appareil tel que vous le voyez.

» Nous remercions enfin tous ceux qui nous ont aidé dans tous les essais et dans la construction des appareils, et nous sommes reconnaissants à la Maison Tudor d'avoir mis à notre disposition l'accumulateur nécessaire ce soir au fonctionnement de l'instrument.

» Enfin nous serons, en ce qui nous concerne, heureux et récom-

pensé si nous avons pu retenir votre attention pendant ces quelques instants. »

M. GRASSOT. — « Messieurs, depuis plus de dix ans, époque à laquelle les appareils à deux aiguilles ont été brevetés en Angleterre, puis en Amérique, on a cherché à appliquer ces appareils à la mesure de diverses quantités; mais c'est surtout aux quantités qu'il est difficile ou impossible de mesurer par d'autres procédés qu'ils ont été appliqués. Leur application à la mesure des joints ne paraît pas présenter des avantages notables.

» La résistance des joints de rails est une grandeur variable à chaque instant avec la température, l'état du ciel, l'heure, l'état hygrométrique, etc.; elle est, pour un joint, d'autant plus variable qu'elle est plus grande; il est donc illusoire d'essayer de la mesurer avec précision. Il importe surtout de connaître si un joint est bon, médiocre et à surveiller, ou mauvais et à réparer.

» L'appareil de M. Lebaupin permet probablement de mesurer la résistance avec une précision de quelques unités pour 100, ce qui est une qualité; il est douteux que les exploitants de réseau soient disposés à s'astreindre de faire mesurer les joints par un ingénieur; la lecture sur un abaque du point de croisement de deux aiguilles continuellement en mouvement ne paraît pas être une opération susceptible d'être effectuée par un simple manœuvre.

» Dans les appareils que construit la Compagnie des Compteurs pour la mesure des joints de rails, les deux aiguilles sont superposées, elles ont la même durée d'oscillation et il suffit à l'opérateur de déplacer la canne le long du rail jusqu'à ce que les aiguilles restent superposées; on obtient ainsi immédiatement la valeur de la résistance en longueur de rail.

» En pratique, les opérateurs placent les cannes à une distance fixe; si le joint est bon, les aiguilles dévient en restant superposées; si le joint est médiocre l'aiguille correspondant au joint dévie un peu plus, et si le joint est mauvais elle vient buter.

» La pratique indiquera quel est le système le plus commode; il serait intéressant d'avoir à ce sujet l'avis de personnes ayant eu à faire effectuer ces mesures. »

M. GUÉRY. -- « Il y a longtemps que, pour les vérifications qui nous concernent, à l'Omnium Lyonnais, nous avons renoncé aux appareils différentiels dont les défauts sont trop évidents. Nous employons les appareils à deux cadrans superposés, dont M. Grasset vient de vous entretenir.

» Voici comment nous opérons (*fig. 1*) :

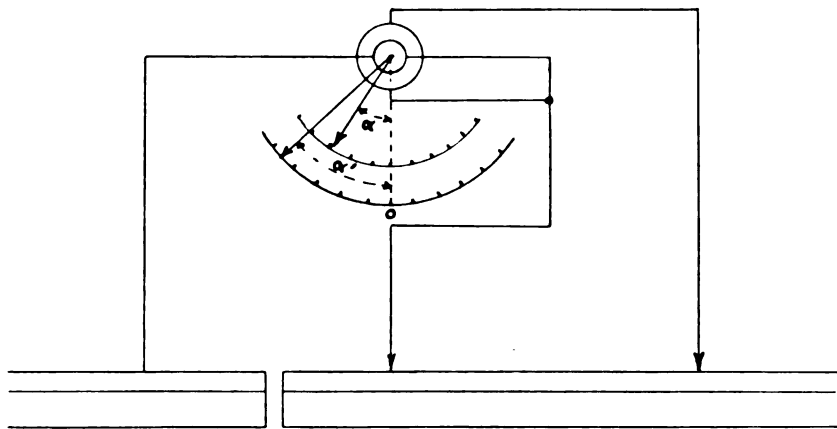


Fig. 1.

» Nous comparons, comme le fait M. Lebaupin, la résistance du joint à celle d'une longueur fixe de rail, par exemple 2 m. Le rail donne une déviation  $\alpha$ , le joint une déviation  $\alpha'$ ; ces deux déviations varient, mais leur rapport reste constant dans la mesure où la résistance du joint demeure elle-même constante. Avec un peu d'habitude on évalue très facilement le rapport  $\frac{\alpha'}{\alpha}$ , à la condition toutefois que ce rapport ne soit pas trop grand, ce qui est le cas général; car on prend comme terme de comparaison une longueur de rail voisine de celle qu'on a l'habitude de trouver pour le joint. Si, exceptionnellement, la résistance du joint est beaucoup plus grande, on se donne la peine de faire varier la longueur de rail de comparaison jusqu'à ce qu'on réalise la coïncidence des deux aiguilles.

» Il est incontestable que le système d'aiguilles croisées, qui donne directement le rapport  $\frac{\alpha'}{\alpha}$ , procure une amélioration sensible à cette méthode de mesure. Mais, tout en reconnaissant ce progrès, je tiens à dire que les appareils dont nous disposons jusqu'ici

nous permettaient de faire la vérification des joints avec une exactitude suffisante. Ce qu'on a besoin de connaître, ce n'est pas la résistance exacte du joint, qui est d'ailleurs une quantité mal définie, mais l'ordre de grandeur de cette résistance. Il s'agit de savoir si cette résistance est de l'ordre de 2 m, ou de 10 m, ou de 100 m. Les appareils actuels seraient largement suffisants à ce point de vue s'il n'y avait pas la question des contacts, dans laquelle M. Lebaupin voit de grandes difficultés. D'après ce qu'il nous a dit, il aurait reconnu sur les rails des chemins de fer de l'État la présence d'une couche isolante qui empêcherait de prendre un bon contact. Je crois à l'existence générale de cette couche isolante, l'ayant également reconnue au Nord-Sud dans les circonstances suivantes :

» Ceux d'entre vous qui se souviennent de la Communication que M. Petit a faite ici en juin 1911, savent que les pédales de block automatique du Nord-Sud sont constituées par un coupon de rail isolé relié par une batterie de piles et des relais à la file de rails non isolée. Le passage d'un essieu de voiture provoque un court circuit qui fait tomber le relais.

» A la mise en service il y a des ratés de pédale, qui tiennent à ce que, la surface du rail n'étant pas découpée, le court circuit est trop résistant. Au bout de quelques heures de circulation, tout rentre dans l'ordre pour n'en plus jamais sortir. Le raté de pédale est inconnu en exploitation courante. Toutefois les tracteurs qui remorquent la nuit des trains de matériaux provoquent de tels ratés. Ce fait peut être attribué à ce que les rails sont recouverts d'une couche mauvaise conductrice, que les essieux lourds et nombreux des trains normaux écrasent en plusieurs points, alors que les deux essieux moins chargés du tracteur n'arrivent pas à l'entamer.

» Toutefois, cette couche n'est pas toujours aussi récalcitrante, car on est obligé d'isoler les roues des légers lorrys d'entretien pour qu'ils ne provoquent pas de fonctionnements intempestifs des signaux. Il est certain qu'aux chemins de fer de l'État la couche superficielle doit être rendue plus isolante par la condensation de vapeurs chargées d'huile.

» Nous n'avons jamais d'ailleurs éprouvé de difficulté sérieuse

provenant des contacts ni au Nord-Sud, ni dans les réseaux de tramways où nous avons opéré <sup>(1)</sup>. Il faut quelquefois modifier les cannes qui sont fournies par les constructeurs et qui sont souvent trop rudimentaires. Voici comment sont constitués les contacts que nous employons au Nord-Sud : Une feuille de cuivre embrasse le champignon du rail et donne une position fixe à l'appareil qui ne peut pas glisser. Une autre vient mordre par ses bords aigus sur la table de roulement ; on donne une légère rotation à la came pour décaper la surface (*fig. 2*).

» Je ne crois pas qu'en général il y ait lieu d'employer des appa-

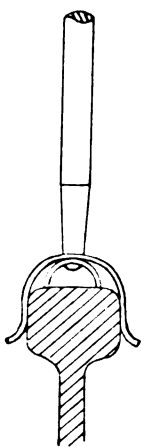


Fig. 2.

reils de prise de contact aussi compliqués que ceux que M. Lebaupin vous a décrits et qui sont d'ailleurs fort ingénieusement combinés. Il serait, de plus, à peu près impossible de réaliser l'équi-

---

<sup>(1)</sup> En dehors des vérifications faites par les services locaux, l'Omnium Lyonnais a délégué en 1909 un ingénieur, notre collègue M. Cantelaube, qui a fait des mesures de joints sur 12 réseaux différents. M. Cantelaube n'a éprouvé aucune difficulté sérieuse provenant des appareils ou des contacts. Signalons en passant qu'indépendamment des vérifications individuelles faites avec l'appareil à cadrans superposés, M. Cantelaube employait une méthode rapide consistant à monter un millivoltmètre enregistreur entre les roues d'une motrice et celle d'une remorque isolée de la motrice par un attelage en bois. Au passage des joints défectueux, le millivoltmètre accuse une pointe de tension. Il faut naturellement mettre la remorque par rapport à la motrice du côté où revient le courant (*fig. 3*).

Cette méthode ne donnait que des indications grossières parce qu'on ne disposait pour l'appliquer que des remorques de l'effectif et que, les essieux n'étant pas isolés, les joints

valent de ces appareils pour les rails noyés des tramways où l'on ne trouverait pas de point d'appui inférieur <sup>(1)</sup>. »

M. LEBAUPIN. — « Messieurs, nous sommes de l'avis de MM. Grasset et Guéry en ce qui concerne la résistance variable trouvée pour les joints, quand ceux-ci sont mauvais ou que les appareils servant à les mesurer sont insuffisants. C'est ce qui résulte d'ailleurs de notre Communication.

» Les joints que nous avons vérifiés avec notre appareil ont accusé, en général, quand ils étaient bons, une valeur fixe, indépendante des circonstances atmosphériques et très peu variable avec l'intensité du courant circulant dans la voie.

» Il est bien possible qu'il n'en soit pas de même pour les joints

---

mauvais étaient shuntés par les joints bons en regard sur l'autre file. Appliquée au moyen de remorques spéciales ou simplement de lorrys un peu lourds à essieux isolés, elle cons-

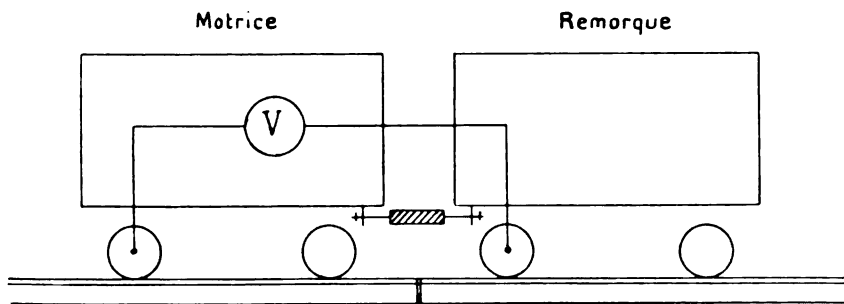


Fig. 3.

titue, croyons-nous, la méthode la plus rapide qu'on puisse imaginer. Elle est d'ailleurs susceptible de tels perfectionnements qu'on voudra pour la transformer en méthode de mesure précise. Il existe, croyons-nous, des appareils de ce genre en Allemagne et en Autriche.

<sup>(1)</sup> A la séance des quatrième et sixième sections, à laquelle M. Lebaupin a présenté ses appareils, M. Broca a suggéré, pour mettre pratiquement hors de cause l'influence des contacts, de porter à une centaine d'ohms la résistance des galvanomètres. Je crains que les constructeurs ne puissent sans inconvénient accroître beaucoup les résistances des appareils actuels. Ceux-ci, sous un volume et un poids excessivement réduits, renferment deux galvanomètres à trois sensibilités. Pour accroître la résistance intérieure sans diminuer la robustesse de l'appareil, on sera, je crois, conduit nécessairement à augmenter son poids et son encombrement et, par suite, à le rendre moins portable. C'est probablement la raison pour laquelle les constructeurs se sont tenus jusqu'ici à des résistances de cadre de l'ordre de quelques ohms seulement.

de tramways qui sont complètement enterrés. Nous serions d'autant plus porté à le croire que ce n'est, sans doute, pas tout à fait la valeur du joint qu'on mesure dans ce cas. En effet, si nous appelons :

$R_m$  la résistance du joint mesuré;

$R$  la résistance vraie du joint;

$\rho$  la résistance de la partie de terre qui shunte le joint,

on mesure en réalité

$$R_m = \frac{R\rho}{R + \rho}.$$

» Il peut donc arriver que  $\rho$  change de valeur avec l'état atmosphérique et produise ainsi une variation de  $R$ .

» Si, au point de vue de la loi, il importe aux exploitants de constater simplement que les joints ont une valeur supérieure ou inférieure à une longueur de rail donnée, il est fort utile pour eux, à notre avis, d'en connaître les valeurs exactes, de manière à pouvoir en suivre les variations. De cette façon, on peut changer les éclisses mauvaises en temps voulu et l'on est amené fréquemment à améliorer la voie en certains points. Il en résulte, en dehors de la question d'une meilleure conductance de la voie, des économies de courant et de matériel. Enfin, on satisfait ainsi à la fois aux exigences de la loi et de ses propres intérêts.

» Nous avons parlé simplement des appareils basés sur le galvanomètre différentiel et le pont de Wheatstone parce que ce sont les plus employés et que tous les autres appareils, y compris ceux dont nous ont parlé MM. Grassot et Guéry, ont le même inconvénient : *équivaloir la résistance du joint par celle d'une longueur variable de rail.*

» En ce qui concerne la lecture de notre appareil, les personnes qui se sont servies d'instruments système Ferrié savent qu'elle est aussi facile que celle des appareils ordinaires.

» Enfin, nous ne pensons pas qu'on puisse nous faire un reproche du fait qu'on obtient avec notre appareil, mis entre n'importe quelles mains non exercées, la *valeur exacte* d'un joint plus vite et plus facilement que l'indication *très imparfaite* donnée par les autres appareils maniés par des personnes expérimentées. »

M. MAZEN. — « Messieurs, l'appareil présenté par M. Lebaupin a, sur les instruments précédents, l'avantage de supprimer les tâtonnements.

» A ce sujet j'ajouterai que l'un de nos plus éminents collègues me disait, il y a quelques jours, qu'on pouvait, avec les appareils en usage, vérifier environ 25 joints à l'heure, alors que la nouvelle méthode permet d'examiner, dans le même laps de temps, facilement 100 joints. D'où évidemment un avantage économique intéressant. »

M. le PRÉSIDENT remercie de leurs exposés MM. Lebaupin, Grassot, Guéry et Mazen. L'ingénieux appareil présenté par M. Lebaupin est un nouvel exemple de cette catégorie des instruments à aiguilles croisées qui se sont multipliés depuis quelques années: il apporte une contribution intéressante à un genre de mesures d'une réalisation pour ainsi dire journalière.



# A PROPOS DE TRANSFORMATEURS.

## A. — Pertes à vide sous tension efficace donnée.

M. Paul GIRAULT. — « Un transformateur étant en général alimenté sous tension efficace primaire sensiblement constante et les chutes de tension étant faibles, le flux dans le noyau varie peu avec la charge et les pertes dans ce noyau sont sensiblement constantes quelle que soit la charge, pourvu que la courbe du flux, et par suite celle de la différence de potentiel appliquée, conservent leurs formes.

» La considération des pertes à vide est donc pratiquement suffisante; ces pertes comprennent des pertes  $p_f$  par courants de Foucault et des pertes  $p_h$  par hystérésis.

» COURANTS DE FOUCAULT. — Pour une différence de potentiel efficace donnée, les pertes  $p_f$  sont constantes, quelle que soit la forme de la courbe de la tension d'alimentation.

» En effet, considérons un élément placé dans le circuit magnétique, ayant une résistance  $r$  et traversé par une portion du flux  $\Phi$  du noyau; la force électromotrice  $\varepsilon$  induite dans cet élément est proportionnelle à  $\frac{d\Phi}{dt}$ , si l'on admet que les courants de Foucault ne modifient pas sensiblement la répartition du flux; la puissance instantanée  $\frac{\varepsilon^2}{r}$  perdue par ces courants dans l'élément est donc

$$(1) \quad \frac{\varepsilon^2}{r} = k \frac{\left(\frac{d\Phi}{dt}\right)^2}{r},$$

$k$  désignant une constante.

» L'énergie perdue par cycle dans l'élément est

$$(2) \quad \int_t^{t+T} \frac{\varepsilon^2}{r} dt = \frac{k}{r} \int_t^{t+T} \left(\frac{d\Phi}{dt}\right)^2 dt.$$

» Or, la force contre-électromotrice efficace induite  $e_{\text{eff}}$  ou la

différence de potentiel efficace  $u_{\text{eff}}$  appliquée par spire est

$$(3) \quad e_{\text{eff}} = u_{\text{eff}} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} \left( \frac{d\Phi}{dt} \right)^2 dt,$$

c'est-à-dire que la perte par courants de Foucault dans un élément du noyau, et par suite celle dans tout le noyau, sont proportionnelles à la différence de potentiel efficace appliquée, et le facteur de proportionnalité est indépendant de la forme de la courbe de tension. La pratique justifie ce raisonnement approximatif.

» HYSTÉRÉSIS. FACTEUR DE FORME. EXTREMUM DE PERTES. — La perte par hystérésis  $p_h$  ne dépend que de l'ordonnée maxima  $\Phi_{\text{max}}$  de la courbe de flux et croît avec  $\Phi_{\text{max}}$ . Rappelons comment cette considération de la valeur  $\Phi_{\text{max}}$  peut être remplacée par celle du facteur de forme  $\xi$  de la courbe de tension, défini par la relation

$$(4) \quad \xi = \frac{u_{\text{eff}}}{u_{\text{moy}}}.$$

» Le flux dans le noyau passe de sa valeur minima  $-\Phi_{\text{max}}$  à sa valeur maxima  $+\Phi_{\text{max}}$  en un temps  $\frac{T}{2}$ , et l'on peut écrire

$$(5) \quad 2\Phi_{\text{max}} = \int_{t_0}^{t_0+\frac{T}{2}} \left( \frac{d\Phi}{dt} \right) dt = \frac{T}{2} \left[ \frac{\int_{t_0}^{t_0+\frac{T}{2}} u dt}{\frac{T}{2}} \right];$$

comme  $\frac{d\Phi}{dt} = u$  est nul aux limites, parce que  $\Phi$  est alors minimum ou maximum, la quantité entre parenthèses est égale à  $u_{\text{moy}}$ , et l'on obtient

$$(6) \quad \begin{aligned} 2\Phi_{\text{max}} &= \frac{T}{2} u_{\text{moy}}, \\ \Phi_{\text{max}} &= \frac{T}{4} u_{\text{moy}}, \end{aligned}$$

ou, en tenant compte de (4),

$$(7) \quad \Phi_{\text{max}} = \frac{T}{4} \frac{u_{\text{eff}}}{\xi}.$$

» Si l'on considère maintenant la courbe de tension sinusoïdale donnant même différence de potentiel efficace  $u_{\text{eff}}$ , le facteur de

forme  $\xi_{\sin}$  de cette courbe a pour valeur

$$(8) \quad \xi_{\sin} = \frac{1}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = 1,11;$$

et l'on peut écrire, d'après (7),

$$(9) \quad (\Phi_{\max.})_{\sin} = \frac{T}{4} \frac{u_{\text{eff.}}}{1,11}.$$

» La comparaison des équations (7) et (9) donne enfin

$$(10) \quad \frac{(\Phi_{\max.})_{\xi}}{(\Phi_{\max.})_{\sin}} = \frac{1,11}{\xi},$$

et les pertes par hystérésis correspondantes  $(p_h)_{\xi}$  et  $(p_h)_{\sin}$  sont liées entre elles par la relation

$$(11) \quad \frac{(p_h)_{\xi}}{(p_h)_{\sin}} = \left[ \frac{(\Phi_{\max.})_{\xi}}{(\Phi_{\max.})_{\sin}} \right]^{\alpha} = \left( \frac{1,11}{\xi} \right)^{\alpha},$$

$\alpha$  désignant l'exposant de pertes par hystérésis de Steinmetz que l'on prend souvent égal à 1,6.

» Nous allons maintenant chercher les formes de courbe de tension donnant des *extremum de pertes par hystérésis* :

» Nous venons de voir que l'on a, en désignant par  $u$  la différence de potentiel appliquée,

$$(12) \quad \Phi_{\max.} = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_0 + \frac{T}{2}} u \, dt,$$

le temps  $t_0$  correspondant à  $\Phi = -\Phi_{\max.}$  et à  $u = 0$ .

» La différence de potentiel efficace *constante*  $u_{\text{eff.}}$  est donnée par l'équation

$$(13) \quad u_{\text{eff.}} = \sqrt{\frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_0 + \frac{T}{2}} u^2 \, dt}.$$

» Nous cherchons la fonction  $u$  rendant  $(\Phi_{\max.})$  extremum tout en respectant la condition (13).

» Faisons subir à  $u$  une variation  $\delta u$ ; il en résulte pour  $\Phi_{\max.}$  une variation

$$(14) \quad \delta \Phi_{\max.} = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_0 + \frac{T}{2}} \delta u \, dt.$$

» Le flux  $\Phi_{\max.}$  est extremum quand sa variation est nulle, soit pour

$$(15) \quad \int_{t_0}^{t_0 + \frac{T}{2}} \partial u \, \partial t = 0.$$

» Or, il résulte de l'équation de condition (13) que  $u_{\text{eff.}}$  étant constant, sa variation est nulle

$$(16) \quad \int_{t_0}^{t_0 + \frac{T}{2}} 2u \, \partial u \, dt = 0;$$

et, pour que les relations (15) et (16) soient satisfaites à la fois, il faut et il suffit que

$$(17) \quad [u]_{t_0}^{t_0 + \frac{T}{2}} = \alpha.$$

$\alpha$  étant une constante; c'est-à-dire que la différence de potentiel appliquée  $u$  doit être constante et égale à  $d$  durant toute la demi-période.

» Or,

$$u = \frac{d\Phi}{dt};$$

le flux est alors représenté de  $t_0$  à  $t_0 + \frac{T}{2}$  par la fonction

$$(18) \quad [\Phi]_0^{\frac{T}{2}} = \alpha t + \beta,$$

$\beta$  étant une seconde constante, et  $t_0 = 0$  étant pris comme origine des temps.

» Pour  $t = t_0 = 0$ , le flux a sa valeur minima, puisque sa dérivée  $+u = +\alpha$  est ensuite constante et positive; nous avons donc à ce moment

$$(19) \quad \beta = +\Phi_{\min.} = -\Phi_{\max.}$$

» Il en résulte

$$(20) \quad [\Phi]_0^{\frac{T}{2}} = \alpha t - \Phi_{\max.}$$

» Pour  $t = +\frac{T}{2}$ , le flux atteint sa valeur maxima et l'on a

$$\Phi_{\max.} = \Phi_{\frac{T}{2}} = \alpha \frac{T}{2} - \Phi_{\max.};$$

d'où

$$(21) \quad \Phi_{\max.} = -\Phi_{\min.} = \alpha \frac{T}{4}.$$

» De manière analogue, on aura de  $\frac{T}{2}$  à  $T$

$$(22) \quad [u]_{\frac{T}{2}}^T = -\alpha,$$

$$(23) \quad [\Phi]_{\frac{T}{2}}^T = \Phi_{\max.} - \alpha t.$$

» Les courbes représentatives de la différence de potentiel appliquée et du flux en fonction du temps sont données dans ce cas par la figure 1.

» La différence de potentiel  $u$  est représentée par la courbe

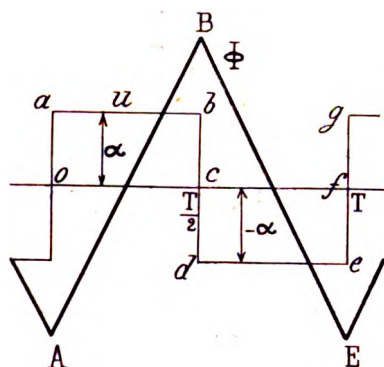


Fig. 1.

rectangulaire  $Oabcdefg$ , etc.; elle conserve la valeur  $+\alpha$  de  $t=0$  à  $t=\frac{T}{2}$ ; à ce moment, elle passe brusquement de  $+\alpha$  à  $-\alpha$  et conserve cette valeur  $-\alpha$  de  $\frac{T}{2}$  à  $T$ , repasse brusquement de  $-\alpha$  à  $+\alpha$  et conserve la valeur  $+\alpha$  de  $T$  à  $3\frac{T}{2}$ , etc.

» Le flux  $\Phi$ , représenté par la courbe ABE, est triangulaire.

» La différence de potentiel étant constante pendant la demi-période et égale à  $\alpha$ , la différence de potentiel moyenne  $u_{\text{moy.}}$  et la différence de potentiel efficace sont égales entre elles

$$(24) \quad u_{\text{moy.}} = u_{\text{eff.}} = \alpha;$$

il en résulte, d'après (21),

$$(25) \quad \Phi_{\max.} = \frac{T}{4} u_{\text{eff.}}$$



ajoutons membre à membre; nous obtenons :

$$(29) \quad \left\{ \begin{array}{l} \sum_{g=1}^{g=n} (u_l - u_g)^2 = n u_l^2 + \sum_{g=1}^{g=n} u_g^2 - 2 u_l \sum_{g=1}^{g=n} u_g, \\ \text{On aura de même} \\ \sum_{g=1}^{g=n} (u_2 - u_g)^2 = n u_2^2 + \sum_{g=1}^{g=n} u_g^2 - 2 u_2 \sum_{g=1}^{g=n} u_g, \\ \dots\dots\dots \\ \sum_{g=1}^{g=n} (u_n - u_g)^2 = n u_n^2 + \sum_{g=1}^{g=n} u_g^2 - 2 u_n \sum_{g=1}^{g=n} u_g. \end{array} \right.$$

» Ajoutons membre à membre les équations (29); il vient

$$(30) \quad \sum_{l=1}^{l=n} \left[ \sum_{g=1}^{g=n} (u_l - u_g)^2 \right] = 2 \left[ n \sum_{g=1}^{g=n} u_g^2 - \left( \sum_{g=1}^{g=n} u_g \right)^2 \right];$$

d'où

$$(31) \quad (n u_{\text{moy.}})^2 = \left( \sum_{g=1}^{g=n} u_g \right)^2 = n \sum_{g=1}^{g=n} u_g^2 - \frac{1}{2} \sum_{l=1}^{l=n} \left[ \sum_{g=1}^{g=n} (u_l - u_g)^2 \right],$$

ou

$$(32) \quad (n u_{\text{moy.}})^2 = (n u_{\text{eff.}})^2 - \frac{1}{2} \sum_{l=1}^{l=n} \left[ \sum_{g=1}^{g=n} (u_l - u_g)^2 \right].$$

» Le premier terme de l'équation (32) est maximum, ainsi que  $u_{\text{moy.}}$  et  $\Phi_{\text{max.}}$ , pour

$$(33) \quad \sum_{l=1}^{l=n} \left[ \sum_{g=1}^{g=n} (u_l - u_g)^2 \right] = 0,$$

ce qui a lieu pour

$$(34) \quad u_1 = u_2 = \dots = u_n, \quad |$$

c'est-à-dire lorsque la différence de potentiel est constante durant toute la demi-période soit d'augmentation, soit de diminution du flux; c'est le résultat déjà fourni par l'équation (17).]

» L'équation (32) donne alors

$$u_{\text{moy.}} = u_{\text{eff.}}$$

» Nous avons, d'autre part,

$$(35) \quad (u_1 + u_2 + u_3 + \dots + u_n)^2 = \left( \sum_{k=1}^{n-1} u_k \right)^2 = \sum_{k=1}^{n-1} u_k^2 + \sum u_l u_k,$$

ou

$$(36) \quad (n u_{\text{moy.}})^2 = n u_{\text{eff.}}^2 + \sum (u_l u_k),$$

le deuxième  $\Sigma$  du second membre étant la somme de tous les doubles produits formés en multipliant l'une par l'autre deux valeurs des  $u$  distinctes. Le premier membre de l'équation (36) est évidemment minimum, en même temps que  $u_{\text{moy.}}$  et  $\Phi_{\text{max.}}$ , lorsque ce  $\Sigma$  est nul, ce qui a lieu lorsque toutes les valeurs de  $u$ , sauf une, qui sera par exemple  $u_1$ , sont nulles. On a alors, d'après (36),

$$(37) \quad \begin{aligned} n u_{\text{moy.}} &= \sqrt{n} u_{\text{eff.}}; \\ u_{\text{moy.}} &= \frac{u_{\text{eff.}}}{\sqrt{n}}, \end{aligned}$$

et lorsque  $n$  tend vers l'infini,  $u_{\text{moy.}}$  tend vers zéro :

$$(38) \quad u_{\text{moy.}} = 0.$$

» D'autre part, l'unique valeur  $u_1$  qui soit différente de zéro doit satisfaire à l'égalité

$$\frac{u_1^2}{n} = u_{\text{eff.}}^2,$$

et quand  $n$  devient infini, on a

$$(39) \quad u_1 = \infty.$$

» La courbe de  $u$  correspondant à  $\Phi_{\text{max.}}$  minimum, donnée par la figure 2, est donc représentée par une série de pointes infinies, espacées l'une de l'autre de  $\frac{T}{2}$ , et alternativement positives et négatives; chacune de ces pointes a une durée nulle ou, plus exactement, réduite à un point de temps, et la différence de potentiel est nulle durant tout l'intervalle entre deux pointes. Le flux correspondant a une valeur constante, constamment *infinitement petite*, positive pendant une demi-période  $ab$ , négative pendant la demi-période suivante  $bc$ , et qui passe brusquement de sa valeur



positive à celle négative ou inversement aux instants où la différence de potentiel pointe vers l'infini.

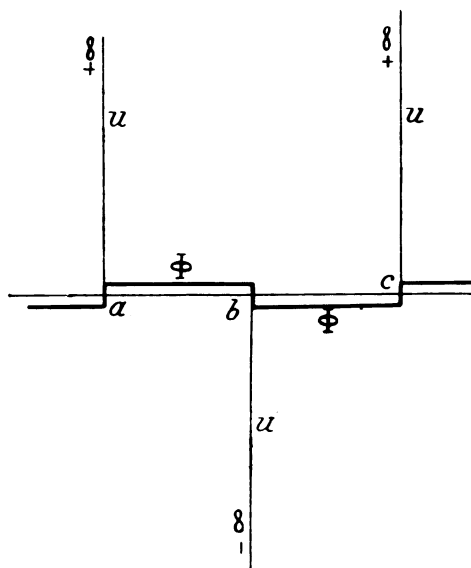


Fig. 2.

» Le flux maximum étant nul, la perte par hystérésis est également nulle.

» CAS PARTICULIERS. — *Flux sinusoïdal.* — Lorsque les courbes de flux et de différence de potentiel sont sinusoïdales, nous avons

$$(40) \quad \left\{ \begin{aligned} \Phi_{\max.} &= \frac{T}{\pi\sqrt{2}} u_{\text{eff.}} \\ &= 0,225 T u_{\text{eff.}} \end{aligned} \right.$$

» *Flux triangulaire.* — Nous venons de voir que le flux triangulaire est celui qui correspond au maximum de pertes; on a dans ce cas

$$(41) \quad \left\{ \begin{aligned} \Phi_{\max.} &= \frac{T}{4} u_{\text{eff.}} \\ &= 0,25 T u_{\text{eff.}} \end{aligned} \right.$$

» Si l'on admet un exposant de pertes par hystérésis de Steinmetz  $\alpha = 1,6$ , le rapport des pertes  $p_{\max.}$  dans le cas actuel et  $p_{\sin}$  dans le cas sinusoïdal sera

$$(42) \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{p_{\max.}}{p_{\sin}} &= \left( \frac{0,25}{0,225} \right)^{1,6} = 1,111^{1,6} \\ &= 1,182, \end{aligned} \right.$$

c'est-à-dire que le maximum d'excès de pertes pouvant être trouvé dans un essai est de 18 pour 100; pratiquement, il est rare que l'on obtienne des formes de courbes de différence de potentiel donnant des valeurs maxima de flux nettement supérieures à celle correspondant au cas sinusoïdal, de telle sorte que si l'on ne peut faire un relevé oscillographique ou ondographique de la différence de potentiel il y a lieu d'adopter de préférence la plus grande des valeurs de pertes relevées dans différentes conditions d'alimentation.

» *Flux trapézoïdal (fig. 3).* — La grande base du trapèze de flux

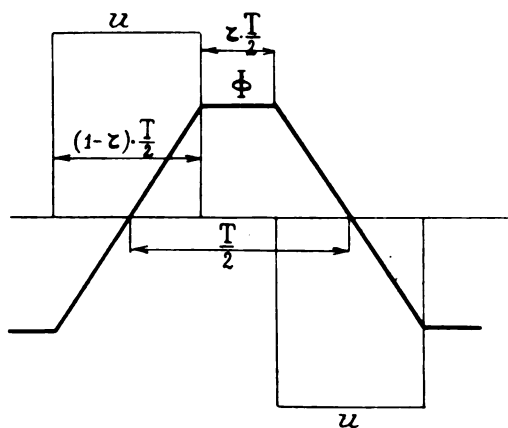


Fig. 3.

étant  $\frac{T}{2}$  et sa petite base  $\tau \frac{T}{2}$ , la différence de potentiel est nulle pendant le temps  $\tau \frac{T}{2}$  correspondant au palier de flux, et est égale à

$$(43) \quad u = \frac{2 \Phi_{\max.}}{(1 - \tau) \frac{T}{2}} u$$

durant le temps  $(1 - \tau) \frac{T}{2}$  par demi-période. La différence de potentiel efficace  $u_{\text{eff.}}$ , est donc

$$(44) \quad u_{\text{eff.}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{T}{2}} \left[ \frac{2 \Phi_{\max.}}{(1 - \tau) \frac{T}{2}} \right]^2 (1 - \tau) \frac{T}{2}},$$

$$u_{\text{eff.}} = \frac{4}{T \sqrt{1 - \tau}} \Phi_{\max.};$$

d'où

$$(45) \quad \left\{ \begin{array}{l} \Phi_{\max.} = \frac{T}{4} \sqrt{1-\tau} u_{eff} \\ \phantom{\Phi_{\max.}} = 0,25 \sqrt{1-\tau} u_{eff}. \end{array} \right.$$

» Pour  $\tau = 0$ , la formule (45) donne

$$(\Phi_{\max.})_{\tau=0} = 0,25 u_{eff},$$

et nous retrouvons le cas du maximum de pertes par hystérésis; pour  $\tau = 1$ , cette formule donne

$$(\Phi_{\max.})_{\tau=1} = 0,$$

et nous retrouvons le cas des pertes nulles par hystérésis.

#### B. — Surtensions et soutesions en décharge oscillante alimentée par source alternative.

» Considérons (*fig. 1*) le cas très simple d'un circuit dénué de résistance et comprenant une self  $L$  et une capacité  $C$  réunies en

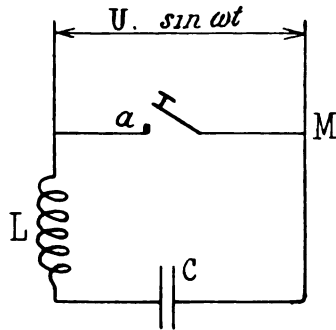


Fig. 1.

série; une différence de potentiel  $U \sin \omega t$  alimente tout d'abord ce circuit; le régime permanent alternatif de pulsation  $\omega$  étant établi, nous court-circuitons de façon parfaite, au moyen de la clef  $a$ , l'ensemble self et capacité réunies en série. La résistance du circuit  $LCa$  étant nulle, le régime du courant dans ce circuit devient évidemment oscillant, l'énergie emmagasinée dans la self et la capacité au moment de la fermeture de la clef  $a$  ne pouvant se dissiper par effet Joule; la pulsation d'oscillation est

$$\Omega = \frac{1}{\sqrt{CL}}.$$

» Considérons d'abord le régime d'alimentation sous la différence de potentiel  $U \sin \omega t$ ; l'intensité du courant à l'instant  $t$  est

$$i = \frac{U \cos \omega t}{\frac{1}{\omega C} - \omega L} = \frac{\omega C U \cos \omega t}{1 - \omega^2 CL};$$

la différence de potentiel  $u_L$  aux bornes de la self est

$$u_L = L \frac{di}{dt} = - \frac{\omega^2 CL}{1 - \omega^2 CL} U \sin \omega t,$$

et celle  $u_C$  aux bornes de la capacité

$$u_C = U \sin \omega t - u_L = \frac{1}{1 - \omega^2 CL} U \sin \omega t.$$

» Les énergies emmagasinées à cet instant dans le circuit sont, pour la self,

$$\frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{2} \frac{\omega^2 C^2 L}{(1 - \omega^2 CL)^2} U^2 \cos^2 \omega t,$$

et pour la capacité,

$$\frac{1}{2} C u_C^2 = \frac{1}{2} \frac{C}{(1 - \omega^2 CL)^2} U^2 \sin^2 \omega t.$$

» La somme de ces énergies potentielles est

$$W = \frac{1}{2} \frac{CU^2}{(1 - \omega^2 CL)^2} (\omega^2 CL \cos^2 \omega t + \sin^2 \omega t).$$

» En régime oscillant, la tension aux bornes de la self est à chaque instant égale à la tension aux bornes de la capacité et cette dernière est maxima en même temps que l'énergie emmagasinée dans le condensateur; pour obtenir la plus grande tension possible aux bornes de la self ou de la capacité en régime oscillant, il faudra donc tout d'abord que la somme  $W$  des énergies introduite dans le système en régime alternatif soit maxima au moment de la mise en court circuit du système, et ensuite que toute cette énergie  $W$  se trouve dans le condensateur.

» Cherchons donc la valeur maxima de  $W$ . La dérivée

$$\frac{dW}{dt} = \frac{\omega CU^2}{1 - \omega^2 CL} \sin \omega t \cos \omega t$$

s'annule pour

$$\sin \omega t = 0$$

et pour

$$\cos \omega t = 0.$$

» La dérivée seconde est

$$\frac{d^2 W}{dt^2} = \frac{\omega^2 C U^2}{1 - \omega^2 CL} (\cos^2 \omega t - \sin^2 \omega t).$$

» Trois cas sont à considérer, suivant que  $\omega^2 CL$  est inférieur, égal ou supérieur à l'unité :

» 1°  $\omega^2 CL < 1$ , ou  $\Omega > \omega$ . La dérivée seconde  $\frac{d^2 W}{dt^2}$  est négative pour  $\cos \omega t = 0$  et positive pour  $\sin \omega t = 0$ ; l'énergie  $W$  est donc maxima pour  $\cos \omega t = 0$  ( $i = 0$ ), et sa valeur correspondante est

$$W_{\max.} = \frac{1}{2} \frac{C U^2}{(1 - \omega^2 CL)^2};$$

elle est minima pour  $\sin \omega t = 0$  ( $i = i_{\max.}$ )

$$W_{\min.} = \frac{1}{2} \frac{C U^2}{(1 - \omega^2 CL)^2} \omega^2 CL,$$

et le rapport

$$\frac{W_{\max.}}{W_{\min.}} = \frac{1}{\omega^2 CL} = \frac{\Omega^2}{\omega^2}.$$

» On obtiendra la plus grande tension possible  $(v_c)_{\max.}$  aux bornes du condensateur en régime oscillant lorsque, ayant fermé l'interrupteur au moment où  $\cos \omega t = 0$ , on sera arrivé à un instant du régime oscillant où l'énergie  $W_{\max.}$  sera tout entière dans le condensateur; on aura à cet instant

$$\frac{1}{2} C (v_c)_{\max.}^2 = W_{\max.};$$

d'où

$$(v_c)_{\max.} = \frac{U}{1 - \omega^2 CL} = (u_c)_{\max.}$$

» Le *facteur maximum de surtension*  $\gamma$  aux bornes de la capacité est donc

$$\gamma = \frac{(v_c)_{\max.}}{(u_c)_{\max.}} = 1.$$

» La tension  $v_L$  aux bornes de la self en régime oscillant étant à chaque instant

$$v_L = -v_c,$$

sa valeur maxima est

$$(v_L)_{\max.} = - \frac{U}{1 - \omega^2 CL},$$

d'où il résulte pour le *facteur maximum de surtension*  $\lambda$  aux bornes de la self

$$\lambda = \frac{(v_L)_{\max.}}{(u_L)_{\max.}} = \frac{1}{\omega^2 CL} = \frac{\Omega^2}{\omega^2},$$

et comme

$$\omega^2 CL < 1,$$

on a

$$\lambda > 1.$$

» On voit de même qu'à l'énergie minima  $W_{\min.}$ , correspond une tension maxima  $(v'_c)_{\max.}$ , en régime oscillant :

$$(v'_c)_{\max.} = \frac{U}{1 - \omega^2 CL} \omega \sqrt{CL},$$

et le facteur de surtension correspondant

$$\gamma' = \omega \sqrt{CL} = \frac{\omega}{\Omega},$$

$$\gamma' < 1;$$

le facteur de surtension de la self est alors

$$\lambda' = \frac{1}{\omega \sqrt{CL}} = \frac{\Omega}{\omega},$$

$$\lambda' > 1.$$

» 2°  $\omega^2 CL = 1$ . C'est le cas de résonance

$$\Omega = \omega,$$

le régime oscillant a même fréquence que le régime alternatif et lui est *identique*, puisque pour ces deux régimes la différence de potentiel aux bornes de l'ensemble self et capacité est nulle; le régime oscillant ne fait que prolonger le régime alternatif

$$\lambda = 1,$$

$$\gamma = 1.$$

» 3°  $\omega^2 CL > 1$ , ou  $\Omega < \omega$ . La dérivée seconde  $\frac{d^2 W}{dt^2}$  est négative pour  $\sin \omega t = 0$  et positive pour  $\cos \omega t = 0$ ; l'énergie  $W$  est donc maxima pour  $\sin \omega t = 0$  ( $i = i_{\max.}$ ) et sa valeur correspondante

est

$$W_{\max.} = \frac{1}{2} \frac{CU^2}{(1 - \omega^2 CL)^2} \omega^2 CL;$$

elle est minima pour  $\cot \omega t = 0$  ( $i = 0$ ),

$$W_{\min.} = \frac{1}{2} \frac{CU^2}{(1 - \omega^2 CL)^2},$$

et le rapport

$$\frac{W_{\max.}}{W_{\min.}} = \omega^2 CL = \frac{\omega^2}{L^2}.$$

» A l'énergie maxima correspond une tension maxima  $(v_c)_{\max}$  en régime oscillant

$$(v_c)_{\max.} = \frac{U}{1 - \omega^2 CL} \omega \sqrt{CL}$$

et par suite un facteur de surtension  $\gamma$

$$\gamma = \omega \sqrt{CL} = \frac{\omega}{\Omega} \quad (\gamma > 1);$$

le facteur de surtension  $\lambda$  de la self est

$$\lambda = \frac{\omega \sqrt{CL}}{\omega^2 CL} = \frac{\Omega}{\omega} \quad (\lambda < 1);$$

il y a donc *soutension* pour la self.

» A l'énergie minima correspond une tension maxima  $(v'_c)_{\max}$ , en régime oscillant

$$(v'_c)_{\max.} = \frac{U}{1 - \omega^2 CL},$$

et le facteur de surtension correspondant

$$\gamma' = 1;$$

le facteur de surtension correspondant de la self est

$$\lambda' = \frac{1}{\omega^2 CL} = \frac{\Omega^2}{\omega^2} \quad (\lambda' < 1);$$

il y a ici encore *soutension*.

» Il est à remarquer que dans les trois cas envisagés, on a la relation

$$\frac{\gamma}{\lambda} = \frac{\gamma'}{\lambda'} = \frac{\omega^2}{\Omega^2}.$$

» ESSAIS A HAUTE TENSION. — Le schéma de la figure 1 représente de la façon la plus simplifiée ce qui se passe dans un claquage à la masse lors d'un essai à haute tension; dans l'appareil à essayer, un transformateur par exemple, on passe de la borne à potentiel élevée à la masse par une infinité de circuits ayant chacun self et capacité; quoique les différents circuits aient des portions d'enroulement communes, qu'il y ait en outre capacité répartie entre les différentes parties de l'enroulement et qu'il y ait un fort amortissement négligé ici, notre schéma extra simplifié et très inexact peut nous permettre de raisonner qualitativement. La fermeture de l'interrupteur  $I$  correspond au claquage à la masse  $M$ .

» Lors du claquage, le point  $a$  passe brusquement du potentiel le plus élevé au potentiel zéro, celui de la masse; on voit aussitôt une cause de surtension élevée dans l'enroulement  $L$ ; en particulier, l'extrémité opposée à  $a$  de la première spire de la self  $L$  conserve pendant un instant le potentiel élevé; les autres spires subissent de façon analogue une surtension d'autant moins élevée qu'elles s'éloignent davantage de l'extrémité  $a$ . Ce raisonnement très grossier se rapporte à la période variable d'établissement du régime oscillant.

» Le régime oscillant étant supposé établi, si l'on suppose  $\Omega > \omega$  nous avons vu que le facteur de surtension maximum aux bornes de la self est

$$\lambda_{\text{max.}} = \frac{\Omega^2}{\omega^2},$$

lorsque la fermeture de  $I$  se produit pour  $i = 0$ , c'est-à-dire lorsque la différence de potentiel d'alimentation  $U \sin \omega t$  est maxima; valeur près de laquelle le claquage doit bien se produire. Nous avons donc dans ce cas surtension entre spires de la self.

» Les deux causes que nous venons d'indiquer peuvent expliquer les claquages entre spires souvent constatés à la suite d'un claquage à la masse dans les transformateurs et aussi dans les alternateurs à haute tension, particulièrement dans les appareils puissants.

» La production de courants à fréquence élevée ne nécessite pas d'ailleurs une décharge absolument franche; de fortes effluves ou aigrettes peuvent suffire, bien qu'elles correspondent à un amortissement important.



» Ce que nous venons de dire au sujet de l'appareil en essai s'applique aussi, mais avec plus de complexité, au transformateur producteur de haute tension; afin de protéger cet appareil contre les courants à fréquence élevée, nous avons employé dès 1908 des résistances en série avec chacune des bornes haute tension de cet appareil. A titre d'exemple, nous indiquerons qu'un transformateur de 100 000 volts, 30 kv-A, qui claquait entre spires très fréquemment, n'a plus présenté que deux claquages de ce genre depuis la date précédente, à laquelle il fut disposé en série sur chacune de ses bornes haute tension une résistance de 4000 ohms; et, dans un de ces deux cas au moins, on avait omis de mettre en circuit la résistance côté terre et masse.

» Par prudence peut-être exagérée, nous préférons à l'emploi de selfs celui de résistances pour cette protection; en donnant à ces résistances le plus d'aisance possible dans leur développement en longueur, de façon à éloigner leurs extrémités, il semble que l'on est à peu près certain de les voir se comporter comme de pures résistances amortissant à coup sûr les oscillations.

» Il est permis de se méfier des bobines de self qui peuvent favoriser ou empêcher la production des oscillations et qui peuvent se comporter tout autrement que de la self pure, à cause de leur capacité répartie, surtout lorsqu'elles manquent de développement en longueur.

» Dans un ordre d'idées analogue, nous avons peut-être trop de tendance à considérer les capacités comme de pures capacités dénuées de toute self-induction; il est pourtant bien évident qu'il est théoriquement possible d'amener en résonance un circuit tel que celui de la figure 2, dans lequel un condensateur  $C$ , alimenté en série avec une résistance  $r$ , par une différence de potentiel alternative, est entouré d'une perméance importante constituée par un tore de tôles  $T$ .

Si nous considérons un condensateur plan à armatures circulaires et que nous y décomposions le courant de déplacement en filets tubulaires de courant concentriques, on voit que chaque tube de courant de déplacement est entouré du milieu diélectrique, doué de perméabilité; on a donc dans les diélectriques un effet qui est un peu le correspondant de l'effet de peau dans

les conducteurs, mais dont le mode d'action n'est pas du tout le même; *très près du centre* du condensateur, la densité  $\sigma$  des

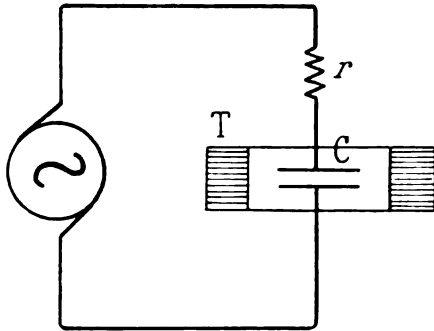


Fig. 2.

charges est liée à la distance  $x$  du centre et au temps  $t$  par une équation de Bessel

$$\frac{d^2\sigma}{dx^2} + \frac{1}{x} \frac{d\sigma}{dx} = k\mu \frac{d^2\sigma}{dt^2};$$

où  $k$  et  $\mu$  désignent respectivement le pouvoir inducteur spécifique et la perméabilité du diélectrique; mais dès que l'on s'éloigne du centre, l'influence des bords devient importante; si l'on veut en tenir compte, on passe au *problème du câble coupé* qui doit présenter de belles difficultés mathématiques.

» Ce que nous venons d'indiquer ne doit, en général, avoir d'intérêt que pour des fréquences élevées; cependant, même pour les fréquences usuelles, nous connaissons actuellement fort peu les diélectriques et nous en servons industriellement plus mal peut-être que l'on se servait des matériaux magnétiques vers 1880; un appareil qui serait pour les diélectriques le correspondant de l'appareil Epstein pour les matériaux magnétiques réaliserait un grand progrès.

» Les courants à fréquence élevée qui se produisent lors d'un claquage causent parfois de très forts dégâts, localisés suivant des trajets très inattendus; par exemple, un enroulement basse tension relié à la masse peut être atteint beaucoup plus durement que l'enroulement haute tension. Le trajet capricieux s'explique par l'importance prise en fréquence élevée par toutes les capacités. L'importance des dégâts localisés peut s'expliquer par la forte surintensité obtenue en décharge oscillante; nous avons vu en

effet dans le cas de notre schéma simplifié et pour  $\Omega > \omega$ , que la tension aux bornes de la capacité est la même en régime d'alimentation alternative et en régime oscillant; mais comme la fréquence est augmentée, le courant passe de la valeur  $\omega CU$  à la valeur  $\Omega CU$ , c'est-à-dire que l'on a un facteur de surintensité égal à  $\frac{\Omega}{\omega}$ . Dans notre cas ce courant est supposé entièrement déwatté; mais si l'on suppose qu'un diélectrique contient à la fois de la résistance en série et de la résistance en parallèle, la perte dans la résistance en série croîtra avec le carré de l'intensité, c'est-à-dire approximativement avec le carré de la fréquence, alors que la perte dans la résistance en parallèle ne dépendrait que de la tension. Cette considération de la résistance *en série* à l'intérieur du diélectrique peut contribuer à expliquer les dégâts localisés importants et aussi la diminution de la tension disruptive des isolants non fluides avec l'augmentation de fréquence (1).

» On peut dire sous une forme résumée que les courants à haute fréquence peuvent développer beaucoup de puissance (déwattée) avec très peu d'énergie.

» Les surintensités obtenues en passant du régime d'alimentation par source extérieure au régime oscillant expliquent encore les surintensités observées par M. Léauté dans le fonctionnement des éclateurs (2). Au sujet des montages préconisés par M. Léauté pour les fusibles d'éclateurs, il y a lieu d'observer que le fusible peut, en fonctionnant, se comporter comme un éclateur et qu'il y a lieu d'interposer une résistance entre lui et la ligne, de même qu'on en interpose une entre l'éclateur et lui. Dans le même ordre d'idées, les parafoudres à cornes devraient être installés avec interposition de résistances entre ces appareils et la ligne et aussi, en toute rigueur, entre ces appareils à la terre, ceci afin de s'opposer de tous côtés par des résistances à la production des oscillations lors de décharges entre les cornes.

### C. — Marche en parallèle de transformateurs.

» L'étude de la marche en parallèle de transformateurs présente

---

(1) *Bulletin de la Société des Électriciens*, janvier 1912, p. 39.

(2) *Bulletin de la Société des Électriciens*, juillet 1913, p. 637.

3<sup>e</sup> SÉRIE, TOME IV, 1914. — N° 32.

une importance de plus en plus grande; les résultats de la concurrence amènent en effet les exploitants à employer dans un même réseau des transformateurs fournis par des maisons différentes, et les transformateurs d'une même maison peuvent présenter dans leurs constantes des différences incompatibles avec une bonne répartition des charges dans la marche en parallèle.

» Nous laisserons de côté les conditions bien connues de polarités et de concordances de phases, et nous étudierons la marche en parallèle des transformateurs d'après le diagramme simplifié de Kapp; nous négligeons ainsi les courants à vide.

» I. MARCHE EN PARALLÈLE DE DEUX TRANSFORMATEURS AYANT MÊME RAPPORT DE TRANSFORMATION A VIDE. — Considérons deux transformateurs ayant leurs enroulements haute tension et basse tension réunis respectivement en parallèle et présentant le même rapport de transformation à vide  $\tau$ . Nous ramènerons toutes les tensions au primaire.

» Soient vectoriellement :

$u_1$  la tension d'alimentation primaire;

$u_2$  la tension secondaire : cette tension, ramenée au primaire sera  $OA = u = \tau u_2$  (fig. 1);

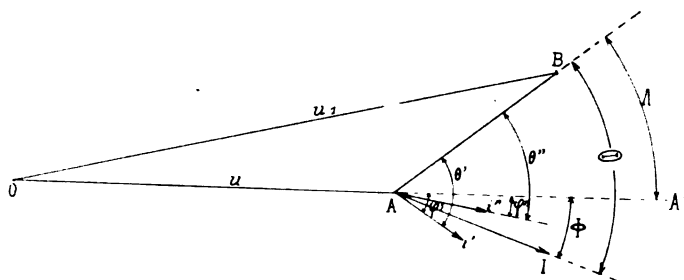


Fig. 1.

$I_2$  le courant secondaire résultant débité par l'ensemble des deux appareils : sa valeur, ramenée au primaire, est

$$(1) \quad I = \frac{I_2}{\tau};$$

$i'_2$  et  $i''_2$  les courants secondaires de chacun des deux transformateurs : leurs valeurs, ramenées au primaire, sont respectivement

$$(2) \quad i' = \frac{i'_2}{\tau} \quad \text{et} \quad i'' = \frac{i''_2}{\tau};$$

$\Phi$ ,  $\varphi'$  et  $\varphi''$  les phases respectives de  $I$ ,  $i'$  et  $i''$  par rapport à  $u$ ;  
la phase  $\Phi$  du courant  $I$  est donnée;

$r'_1$ ,  $r'_2$ ,  $r''_1$ ,  $r''_2$ , les résistances primaires et secondaires;

$\omega l'_1$ ,  $\omega l'_2$ ,  $\omega l''_1$ ,  $\omega l''_2$ , les inductances primaires et secondaires,  
 $\omega$  désignant la pulsation.

» Les résistances résultantes par transformateur, ramenées au primaire, sont

$$(3) \quad \begin{cases} r' = r'_1 + \tau^2 r'_2, \\ r'' = r''_1 + \tau^2 r''_2; \end{cases}$$

les inductances résultantes par transformateur, ramenées au primaire, sont

$$(4) \quad \begin{cases} \omega l' = \omega(l'_1 + \tau^2 l'_2), \\ \omega l'' = \omega(l''_1 + \tau^2 l''_2); \end{cases}$$

les impédances résultantes, par transformateur, ramenées au primaire, sont

$$(5) \quad \begin{cases} z' = \sqrt{r'^2 + \omega^2 l'^2}, \\ z'' = \sqrt{r''^2 + \omega^2 l''^2}. \end{cases}$$

» Les angles  $\theta'$  et  $\theta''$  des triangles de court circuit respectifs sont connus

$$(6) \quad \tan \theta' = \frac{\omega l'}{r'}, \quad \tan \theta'' = \frac{\omega l''}{r''}.$$

» Les deux transformateurs étant en parallèle, les vecteurs

$$OA = u \quad \text{et} \quad OB = u_1$$

sont les mêmes pour les deux appareils; le vecteur AB, différence vectorielle des deux précédents, leur est donc aussi commun; or, ce vecteur est, pour chacun des transformateurs, l'hypoténuse du triangle de court-circuit pour la charge qu'il supporte; on a donc

$$(7) \quad AB = i' z' = i'' z'';$$

*les intensités des deux transformateurs sont donc en raison inverse des impédances, et ceci quelles que soient la valeur et la phase du courant  $I$ .*

» D'autre part, on a entre le courant  $I$  et ses composantes  $i'$  et  $i''$

les relations

$$(8) \quad I \cos \Phi = i' \cos \varphi' + i'' \cos \varphi'',$$

$$(9) \quad I \sin \Phi = i' \sin \varphi' + i'' \sin \varphi''.$$

» Les angles  $\varphi'$ ,  $\varphi''$ ,  $\theta'$ ,  $\theta''$ , sont liés d'autre part par la relation

$$(10) \quad \varphi' - \varphi'' = \theta' - \theta''.$$

» Nous avons quatre inconnues :

$$i', \quad i'', \quad \varphi', \quad \varphi''.$$

» Les équations (8) et (9), élevées au carré et ajoutées, donnent

$$(11) \quad I^2 = i'^2 + i''^2 + 2 i' i'' \cos(\varphi' - \varphi'');$$

ou, d'après (10) et (7),

$$(12) \quad I^2 = i'^2 \left[ 1 + \frac{z'^2}{z''^2} + 2 \frac{z'}{z''} \cos(\theta' - \theta'') \right].$$

» Nous obtenons ainsi

$$(13) \quad i' = \frac{I z''}{\sqrt{z'^2 + z''^2 + 2 z' z'' \cos(\theta' - \theta'')}},$$

$$(14) \quad i'' = \frac{I z'}{\sqrt{z'^2 + z''^2 + 2 z' z'' \cos(\theta' - \theta'')}}.$$

» Or, d'après (6),

$$(15) \quad \begin{cases} \sin \theta' = \frac{\omega l'}{z'}, & \sin \theta'' = \frac{\omega l''}{z''}; \\ \cos \theta' = \frac{r'}{z'}, & \cos \theta'' = \frac{r''}{z''}; \\ \cos(\theta' - \theta'') = \frac{r' r'' + \omega^2 l' l''}{z' z''}. \end{cases}$$

» Si l'on pose

$$(16) \quad \begin{cases} Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}, \\ \text{avec} \\ R = r' + r'', \\ L = l' + l'', \end{cases}$$

il est facile de voir que les expressions (12) et (15) peuvent encore

s'écrire

$$(17) \quad \begin{cases} i' = I \frac{z''}{Z}, \\ i'' = I \frac{z'}{Z}. \end{cases}$$

» Pour trouver les déphasages  $\varphi'$  et  $\varphi''$ , nous passerons par l'intermédiaire de l'angle  $\Theta$ , qui représente le déphasage du courant résultant d'utilisation  $I$  par rapport à l'hypoténuse de court circuit commune aux deux courants  $i'$  et  $i''$ . En projetant les vecteurs  $I$ ,  $i'$  et  $i''$  sur l'hypoténuse et une direction perpendiculaire, nous obtenons

$$(18) \quad \begin{cases} I \cos \Theta = i' \cos \varphi' + i'' \cos \varphi'', \\ I \sin \Theta = i' \sin \varphi' + i'' \sin \varphi''; \end{cases}$$

ou, en remplaçant dans ces équations  $i'$  et  $i''$  par leurs valeurs (17) et en les divisant membre à membre,

$$(19) \quad \tan \Theta = \frac{z'' \sin \varphi' + z' \sin \varphi''}{z'' \cos \varphi' + z' \cos \varphi''};$$

et, si l'on tient compte de (15),

$$(20) \quad \tan \Theta = \frac{\frac{\omega l'}{z'^2} + \frac{\omega l''}{z''^2}}{\frac{r'}{z'^2} + \frac{r''}{z''^2}}.$$

» Nous voyons que cet angle  $\Theta$  est indépendant de la grandeur du courant  $I$  et de sa phase  $\Phi$  par rapport à la différence de potentiel secondaire :

*» L'angle  $\Theta$  est donc une constante de l'ensemble constitué par les deux transformateurs reliés en parallèle par leurs enroulements à haute et à basse tension, et ceci quelles que soient l'amplitude et la phase  $\Phi$  de l'intensité  $I$ .*

» On déduit de (20)

$$(21) \quad \begin{cases} \sin \Theta = \omega \frac{l' z''^2 + l'' z'^2}{z' z'' Z}, \\ \cos \Theta = \frac{r' z''^2 + r'' z'^2}{z' z'' Z}. \end{cases}$$

» Désignons par  $\Lambda$  l'angle formé par l'hypoténuse AB avec le

---

(1) Nous aurions pu partir des équations (18) au lieu de (8) et (9) pour trouver  $i'$  et  $i''$ .

prolongement AA' de la tension secondaire. Nous avons

$$\Lambda = \Theta - \Phi = \vartheta' - \varphi' = \vartheta'' - \varphi'';$$

d'où l'on tire

$$(22) \quad \begin{cases} \varphi' = \vartheta' - \Theta + \Phi, \\ \varphi'' = \vartheta'' - \Theta + \Phi. \end{cases}$$

» Les angles  $\theta'$ ,  $\theta''$ ,  $\Phi$  étant donnés et l'angle  $\Theta$  maintenant déterminé, les angles  $\varphi'$  et  $\varphi''$  sont fournis par les équations (22).

» Il est à remarquer que *chacun des angles  $\varphi'$  et  $\varphi''$  ne diffère de l'angle  $\Phi$  que d'une quantité constante, et ceci quelles que soient l'amplitude et la phase  $\Phi$  de l'intensité  $I$*  :

$$(22 \text{ bis}) \quad \begin{cases} \varphi' - \Phi = \vartheta' - \Theta, \\ \varphi'' - \Phi = \vartheta'' - \Theta. \end{cases}$$

» On peut d'ailleurs déterminer les lignes trigonométriques des angles  $\varphi'$  et  $\varphi''$  au moyen des équations (6), (19) et (22); on obtient successivement :

$$(23) \quad \begin{cases} \tan(\vartheta' - \Theta) = \omega \frac{l' r'' - r' l''}{r'' R + \omega^2 l'' L}, \\ \tan(\vartheta'' - \Theta) = \omega \frac{l'' r' - r'' l'}{r' R + \omega^2 l' L}; \end{cases}$$

$$(24) \quad \begin{cases} \tan \varphi' = \frac{\sin \Phi (r'' R + \omega^2 l'' L) + \cos \Phi (\omega L r'' - \omega l'' R)}{\cos \Phi (r'' R + \omega^2 l'' L) - \sin \Phi (\omega L r'' - \omega l'' R)}, \\ \tan \varphi'' = \frac{\sin \Phi (r' R + \omega^2 l' L) + \cos \Phi (\omega L r' - \omega l' R)}{\cos \Phi (r' R + \omega^2 l' L) - \sin \Phi (\omega L r' - \omega l' R)}; \end{cases}$$

$$(25) \quad \begin{cases} \sin \varphi' = \frac{\sin \Phi (r'' R + \omega^2 l'' L) + \cos \Phi (\omega L r'' - \omega l'' R)}{z'' Z}, \\ \sin \varphi'' = \frac{\sin \Phi (r' R + \omega^2 l' L) + \cos \Phi (\omega L r' - \omega l' R)}{z' Z}; \end{cases}$$

$$(26) \quad \begin{cases} \cos \varphi' = \frac{\cos \Phi (r'' R + \omega^2 l'' L) - \sin \Phi (\omega L r'' - \omega l'' R)}{z'' Z}, \\ \cos \varphi'' = \frac{\cos \Phi (r' R + \omega^2 l' L) - \sin \Phi (\omega L r' - \omega l' R)}{z' Z}. \end{cases}$$

» Si l'on prend comme variable auxiliaire l'angle  $\theta$  tel que

$$(27) \quad \begin{cases} \tan \vartheta = \frac{\omega L}{R}, \\ \sin \theta = \frac{\omega L}{Z}, \\ \cos \vartheta = \frac{R}{Z}; \end{cases}$$



les équations précédentes peuvent s'écrire, d'après (15),

$$(28) \quad \begin{cases} \sin \varphi' = \sin(\Phi + \theta - \theta''), \\ \cos \varphi' = \cos(\Phi + \theta - \theta''), \\ \sin \varphi'' = \sin(\Phi + \theta - \theta'), \\ \cos \varphi'' = \cos(\Phi + \theta - \theta'); \end{cases}$$

d'où

$$(29) \quad \begin{cases} \varphi' = \Phi + \theta - \theta'', \\ \varphi'' = \Phi + \theta - \theta'; \end{cases}$$

équations que l'on peut encore écrire

$$(30) \quad \begin{cases} \varphi' - \Phi = \theta - \theta'', \\ \varphi'' - \Phi = \theta - \theta'. \end{cases}$$

» *Remarques.* — 1. Les équations (30) et (22) nous donnent une relation entre les angles  $\Theta$  et  $\theta$

$$(31) \quad \theta + \Theta = \theta' + \theta''.$$

» Cette relation peut s'obtenir encore par la considération du triangle des intensités  $i'$ ,  $i''$ , et  $I$  et du triangle des impédances  $z'$ ,  $z''$  et  $Z$ , en appliquant dans chacun de ces triangles la proportionnalité des côtés aux sinus des angles opposés.

» 2. Les équations (24), (25) et (26) ou (28) peuvent s'obtenir de façon plus immédiate, sans passer par l'intermédiaire de l'angle  $\Theta$ ; mais la considération de cet angle  $\Theta$  nous semble simplificatrice quand le nombre des transformateurs en parallèle est supérieur à 2.

» 3. Il résulte des équations (27) et (29) une construction graphique simple des angles  $\varphi'$  et  $\varphi''$  et des intensités  $i'$  et  $i''$ .

» Portons horizontalement (fig. 2)

$$ab = r',$$

$$bc = r'',$$

et verticalement

$$cd = \omega l',$$

$$de = \omega l''.$$

» Élevons en  $b$  une verticale, menons par  $d$  une horizontale; ces deux droites se coupent en  $z'$  et l'on a évidemment

$$az' = z',$$

$$z'e = z''.$$

» Joignons  $ae$ ; l'angle  $eac$  est l'angle  $\theta$ , l'angle  $caz' = \theta'$  et l'angle  $dz'e = \theta''$ .

» Portons à partir de la droite  $ae$  l'angle  $eah = \Phi$ , et menons

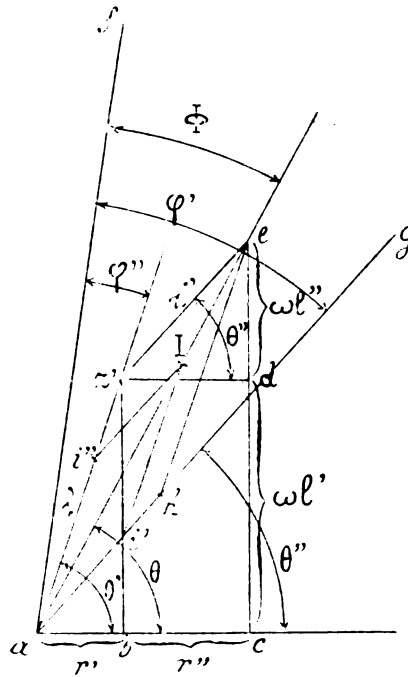


Fig. 1.

par  $a$  la droite  $ag$  parallèle à  $z'e$ ; l'angle  $cag = \theta''$ . Nous avons, d'après l'équation (29),

$$\widehat{gaf} = \Phi + \theta - \theta'' = \varphi'.$$

$$\widehat{z'af} = \Phi + \theta - \theta' = \varphi''.$$

» Portons sur  $ae$  une longueur  $OI = I$ , et menons par le point  $I$  une parallèle  $Ii''$  à la droite  $ez'$  et une parallèle  $Ii'$  à la droite  $az'$  et à sa parallèle  $eh$ . Les triangles semblables  $z'ea$  et  $i''Ia$ , d'une part, et  $eha$  et  $Ii'a$ , d'autre part, donnent

$$\frac{ai''}{aI} = \frac{az'}{ae} \quad \text{ou} \quad ai'' = I \frac{z'}{Z},$$

$$\frac{ai'}{aI} = \frac{ah}{ae} = \frac{z'e}{ae} \quad \text{ou} \quad ai' = I \frac{z''}{Z},$$

ou, d'après (17),

$$ai'' = i'' \quad \text{et} \quad ai' = i'.$$

» Les longueurs  $ai'$  et  $ai''$  représentent donc respectivement les intensités  $i'$  et  $i''$  en grandeur et avec leurs déphasages relatifs par rapport à  $I$ .

» Et l'on voit, par la figure, que lorsque l'amplitude de l'intensité  $I$  et sa phase  $\Phi$  varient, les intensités  $i'$  et  $i''$  varient en restant proportionnelles à  $I$  et en conservant par rapport à  $I$  les mêmes déphasages; cette dernière observation résulte d'ailleurs des équations (30) qui expriment justement ces déphasages relatifs de  $i'$  et de  $i''$  par rapport à  $I$  et les montrent constants.

» 4. L'ensemble constitué par les deux transformateurs couplés en parallèle est identique à un transformateur unique, ayant même rapport de transformation à vide que chacun d'eux, tel que son hypoténuse de court circuit pour le courant  $I$  se confonde avec les hypoténuses  $z' i'$  et  $z'' i''$  et que son angle  $\Theta$  soit donné par les équations (20) et (21); il en résulte que si l'on désigne par  $R$  sa résistance résultante,  $\omega L$  son inductance résultante,

$$Y = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2},$$

son impédance (ces trois quantités étant ramenées au primaire), on doit avoir

$$(32) \quad \begin{cases} R I = z' i' \cos \Theta, \\ \omega L I = z' i' \sin \Theta; \end{cases}$$

en tenant compte de (17) et (21), ceci donne :

$$(33) \quad \begin{cases} R = \frac{r' z'^2 + r'' z''^2}{Z^2}, \\ \omega L = \frac{\omega (l' z'^2 + l'' z''^2)}{Z^2}, \\ Y = \frac{z' z''}{Z}. \end{cases}$$

» *Résumé.* — Toutes les grandeurs étant ramenées au primaire, si deux transformateurs fonctionnent en parallèle pour fournir au circuit d'utilisation une intensité  $I$  déphasée de  $\Phi$  par rapport à la tension secondaire  $u$  :

» Les courants  $i'$  et  $i''$  de chacun des deux transformateurs sont

donnés par les équations (17)

$$(17) \quad \begin{cases} i' = I \frac{z''}{Z}, \\ i'' = I \frac{z'}{Z}; \end{cases}$$

les angles de déphasage respectifs  $\varphi'$  et  $\varphi''$  des courants  $i'$  et  $i''$  par rapport à  $u$  sont donnés par les équations (29)

$$(29) \quad \begin{cases} \varphi' = \Phi + \vartheta - \vartheta'', \\ \varphi'' = \Phi + \vartheta - \vartheta'; \end{cases}$$

$\theta$  résultant de l'équation (27)

$$(27) \quad \tan \theta = \frac{\omega L}{R}.$$

» La différence de potentiel secondaire  $u$  ramenée au primaire et la chute de tension se déterminent ensuite de la manière habituelle sur l'un quelconque des deux transformateurs.

» II. MARCHE EN PARALLÈLE D'UN NOMBRE QUELCONQUE  $N$  DE TRANSFORMATEURS AYANT TOUS MÊME RAPPORT DE TRANSFORMATION A VIDE. — On peut essayer de résoudre ce problème en partant de la considération du transformateur équivalent à deux transformateurs fonctionnant en parallèle; en appliquant les formules antérieures (33) d'abord aux transformateurs 1 et 2, puis à l'ensemble (1, 2) et au transformateur 3, puis à l'ensemble (1, 2 et 3) et au transformateur (4), etc., on arriverait finalement à l'ensemble (1, 2, ...,  $N - 1$ ) et au transformateur  $N$ ; on appliquerait à ces deux derniers transformateurs les formules précédentes et l'on reviendrait en sens inverse.

» Cette méthode semble pénible *a priori*; nous allons voir qu'il est au contraire possible d'obtenir un résultat assez rapide en passant par l'intermédiaire de l'angle  $\theta$ , angle de déphasage entre le courant total secondaire  $I$  et l'hypoténuse commune à tous les triangles de court circuit des différents appareils.

» En désignant par :

$i', i'', i''', \dots, (i^N)$  les intensités ramenées au primaire des différents appareils;

$z', z'', z''', \dots, (z^N)$  les impédances;

$\theta', \theta'', \theta''', \dots, (\theta^N)$  les angles correspondants des triangles de court circuit individuels,

l'égalité en grandeur et en phase des tensions primaires et secondaires (ramenées au primaire) conduit encore à la superposition des hypoténuses de court circuit, ce qui donne

$$(1) \quad i' z' = i'' z'' = i''' z''' = \dots = (i^N) (z^N).$$

» D'autre part,

$$(2) \quad \left\{ \begin{array}{ll} \cos \theta' = \frac{r'}{z'}, & \sin \theta' = \frac{\omega l'}{z'}; \\ \cos \theta'' = \frac{r''}{z''}, & \sin \theta'' = \frac{\omega l''}{z''}; \\ \dots\dots\dots, & \dots\dots\dots; \\ \cos (\theta^N) = \frac{r^N}{(z^N)}, & \sin (\theta^N) = \frac{\omega (l^N)}{(z^N)}. \end{array} \right.$$

» Enfin, en projetant le courant  $I$  et tous les courants  $i$ , d'une part sur l'hypoténuse commune, d'autre part sur une direction perpendiculaire, on a

$$(3) \quad \left\{ \begin{array}{l} I \cos \Theta = i' \cos \theta' + i'' \cos \theta'' + i''' \cos \theta''' + \dots + (i^N) \cos (\theta^N), \\ I \sin \Theta = i' \sin \theta' + i'' \sin \theta'' + i''' \sin \theta''' + \dots + (i^N) \sin (\theta^N). \end{array} \right.$$

» En élevant au carré et ajoutant ces deux dernières équations, il vient

$$(4) \quad I^2 = i'^2 + i''^2 + i'''^2 + \dots + (i^N)^2 + \Sigma \{ (i^p) (i^q) \cos ((\theta^p) - (\theta^q)) \} \quad (1).$$

» Dans cette expression, le  $\Sigma$  est la somme de termes obtenus de la façon suivante : on multiplie chacun des  $N$  termes en cosinus, tel que  $i' \cos \theta'$ , par les  $(N - 1)$  autres termes en cosinus; ceci donne  $N(N - 1)$  produits de deux intensités  $i$  par les deux cosinus correspondants; on obtient  $N(N - 1)$  produits semblables pour les termes en sinus; et, en associant ces produits deux à deux [un dans chacune des séries de chacune  $N(N - 1)$  produits], on

(1) Il est bien entendu que les lettres  $N, D, M$ , etc. sont des indices, bien qu'elles occupent la place d'exposants.

obtient le  $\Sigma$  qui comprend donc également  $N(N-1)$  termes <sup>(1)</sup>,

» Si maintenant on tient compte de l'équation (1) en faisant ressortir l'intensité  $i'$  par exemple, l'équation (4) devient

$$(5) \quad I^2 = i'^2 \left[ 1 + \frac{z'^2}{z''^2} + \frac{z'^2}{z'''^2} + \dots + \frac{z'^2}{z^N{}^2} + \Sigma \left( \frac{z'^2}{(z^p)(z^q)} \cos((\theta^p) - (\theta^q)) \right) \right].$$

» Réduisons tous les termes du second membre à un même dénominateur  $(z'', z''', \dots, (z^N))^2$ , obtenu en élevant au carré le produit de  $(N-1)$  impédances  $z$ , la seule impédance manquante étant précisément celle  $z'$  qui correspond à l'intensité  $i'$  que l'on a fait ressortir. Il vient

$$(6) \quad I^2 = \frac{i'^2}{(z'' z''' \dots (z^N))^2} \times \left[ (z'' z''' \dots (z^N))^2 + (z' z''' \dots (z^N))^2 + \dots + (z' z'' z''' \dots (z^{N-2}) (z^{N-1}))^2 + \Sigma [(z^p)(z^q)(z' z'' \dots (z^r)(z^s) \dots (z^t)(z^u) \dots (z^N))^2 \cos((\theta^p) - (\theta^q))] \right].$$

» Dans la grande parenthèse du second membre, nous avons, avant le  $\Sigma$ ,  $N$  termes, tous différents entre eux, dont chacun est le carré de  $N-1$  impédances particulières; *ces termes seront les mêmes quelle que soit l'intensité  $i$  (ici  $i'$ ) que l'on fait ressortir.*

» En ce qui concerne le  $\Sigma$ , on voit que l'on forme un de ses termes en prenant deux quelconques des  $z$  que l'on multiplie l'un par l'autre, par le cosinus de la différence des angles correspondants et par le carré du produit des  $(N-2)$  autres  $z$  restants. Chacun des  $z$  donnent ainsi  $(N-1)$  produits complets et, comme il y a  $N$  de ces  $z$ , nous aurons en tout  $N(N-1)$  produits complets (identiques entre eux deux par deux) dans le  $\Sigma$ . Et *ce  $\Sigma$  sera le même quel que soit le  $i$  mis en vedette.*

» Nous pouvons donc écrire

$$(7) \quad I^2 = \frac{i'^2}{(z'' z''' \dots (z^N))^2} D^2.$$

$D^2$  étant la quantité comprise dans la grande parenthèse et qui est la même quel que soit le  $i$  considéré.

---

<sup>(1)</sup> Ces  $N(N-1)$  termes comprennent d'ailleurs deux séries identiques de chacune  $\frac{N(N-1)}{2}$  termes différents.



ne diffère de l'angle  $\Phi$  que d'une quantité constante, et ceci quelles que soient l'amplitude et la phase  $\Phi$  de l'intensité  $I$  :

$$(13) \quad \left\{ \begin{array}{l} \varphi' - \Phi = \theta' - \Theta, \\ \varphi'' - \Phi = \theta'' - \Theta, \\ \dots\dots\dots, \\ (\varphi^N) - \Phi = (\theta^N) - \Theta. \end{array} \right.$$

» *Résumé.* — Le facteur  $D$  est déterminé par la racine carrée de la grande parenthèse de l'équation (6); on obtient les intensités particulières ramenées au primaire au moyen des équations (8).

» L'angle  $\Theta$  est donné par l'équation (9) ou (10); on en déduit ensuite les angles de déphasage respectifs des différentes intensités particulières par rapport à  $u$  au moyen des relations (12).

» La différence de potentiel secondaire  $u$  ramenée au primaire et la chute de tension se déterminent de la manière habituelle pour un seul des  $N$  transformateurs.

» III. MARCHE EN PARALLÈLE DE DEUX TRANSFORMATEURS AYANT DES RAPPORTS DE TRANSFORMATION A VIDE DIFFÉRENTS. — Nous emploierons les mêmes notations que dans le cas I précédemment traité et relatif à deux transformateurs ayant même rapport. Nous désignerons par  $\tau'$  et  $\tau''$  les rapports de transformation à vide des deux appareils.

» Pour un courant secondaire résultant  $I_2$  débité par l'ensemble des deux appareils, les courants secondaires respectifs des deux transformateurs sont  $i'_2$  et  $i''_2$  et les valeurs  $i'$  et  $i''$  des courants primaires correspondants sont

$$(1) \quad i' = \frac{i'_2}{\tau'} \quad \text{et} \quad i'' = \frac{i''_2}{\tau''}.$$

» Si nous traçons le diagramme des tensions, ramenées au primaire, pour le premier transformateur, nous avons un triangle dont les côtés sont

$$\tau' u_2, \quad \tau' i' \quad \text{et} \quad u_1.$$

» Nous aurons de même pour le second transformateur un triangle ayant pour côtés

$$\tau'' u_2, \quad \tau'' i'' \quad \text{et} \quad u_1.$$



» Superposons ces deux diagrammes (fig. 3); le vecteur  $OB = u_1$  leur est commun. De plus, les deux transformateurs étant en parallèle, les vecteurs

$$OA' = \tau' u_2 \quad \text{et} \quad OA'' = \tau'' u_2$$

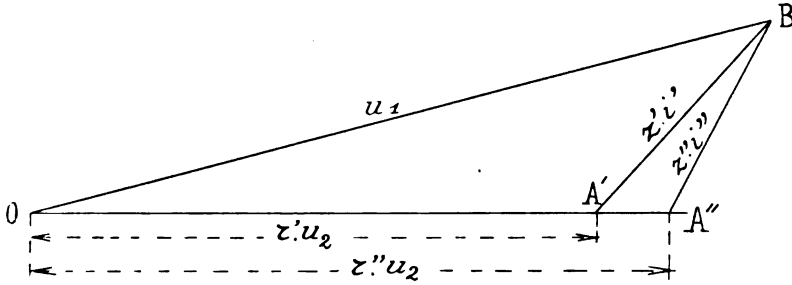


Fig. 3.

sont en phase, et leurs expressions montrent qu'ils sont entre eux dans un rapport constant.

» Nous avons en outre, pour les hypoténuses de court circuit respectives,

$$A'B = z' i', \quad A''B = z'' i''.$$

» Pour simplifier les calculs, nous aurons ici recours à la représentation symbolique.

» Soient  $R'$  et  $R''$  les résistances imaginaires des deux appareils par rapport au primaire :

$$(2) \quad \begin{cases} R' = r' + j\omega l', \\ R'' = r'' + j\omega l''. \end{cases}$$

» Nous avons évidemment

$$(3) \quad u_1 = \tau' u_2 + R' i' = \tau'' u_2 + R'' i'',$$

$$(4) \quad I_2 = \tau' i' = \tau'' i''.$$

» Le circuit d'utilisation secondaire peut être ramené à une résistance  $R_2$  et à une inductance  $\omega L_2$ ; son impédance est

$$(5) \quad Z_2 = \sqrt{R_2^2 + \omega^2 L_2^2}$$

et sa résistance imaginaire

$$(6) \quad R = R_2 + j\omega L_2.$$

Nous avons

$$(7) \quad u_2 = RI_2.$$

» L'équation (4) donne

$$(8) \quad i'' = \frac{I_2}{\tau''} = \frac{\tau'}{\tau''} i';$$

cette valeur étant portée en (3), nous obtenons

$$(9) \quad i'(\tau'' R' + \tau' R'') = u_2 \tau''(\tau'' - \tau') + R'' I_2;$$

et, d'après (7),

$$(10) \quad i' = \frac{u_2}{R} \frac{[\tau''(\tau'' - \tau')R + R'']}{\tau'' R' + \tau' R''}.$$

» Remplaçons  $i'$  par cette valeur dans l'expression (3) de  $u_1$ ; nous obtenons

$$(11) \quad u_1 = \frac{u_2}{R} \left[ \frac{(\tau'^2 R'' + \tau''^2 R')R + R' R''}{\tau'' R' + \tau' R''} \right];$$

et, en portant en (10) la valeur de  $\frac{u_2}{R}$  tirée de (11),

$$(12) \quad i' = \frac{u_1 [\tau''(\tau'' - \tau')R + R'']}{(\tau'^2 R'' + \tau''^2 R')R + R' R''}.$$

» Enfin, en portant la valeur (7) de  $u_2$  dans l'équation (10), il vient

$$(13) \quad i' = I_2 \frac{[\tau''(\tau'' - \tau')R + R'']}{\tau'' R' + \tau' R''}.$$

» Ces quatre équations symboliques (10) à (13) résolvent entièrement le problème.

» Prenons l'équation (13) et revenons des quantités imaginaires aux quantités réelles; cette équation devient

$$(14) \quad i'[\tau'' r' + \tau' r''] + j i'[\tau'' \omega l' + \tau' \omega l''] \\ = I_2[\tau''(\tau'' - \tau')R_2 + r''] + j I_2[\tau''(\tau'' - \tau')\omega L_2 + \omega l''];$$

d'où

$$(15) \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{i'}{I_2} = \sqrt{\frac{[\tau''(\tau'' - \tau')R_2 + r'']^2 + [\tau''(\tau'' - \tau')\omega L_2 + \omega l'']^2}{[\tau'' r' + \tau' r'']^2 + [\tau'' \omega l' + \tau' \omega l'']^2}}, \\ \text{de même} \\ \frac{i''}{I_2} = \sqrt{\frac{[\tau'(\tau' - \tau'')R_2 + r']^2 + [\tau'(\tau' - \tau'')\omega L_2 + \omega l']^2}{[\tau'' r' + \tau' r'']^2 + [\tau'' \omega l' + \tau' \omega l'']^2}}. \end{array} \right.$$

» Posons

$$(16) \quad \left\{ \begin{array}{l} \tau' r' + \tau' r'' = \rho, \\ \tau'' \omega l' + \tau' \omega l'' = \omega \lambda; \\ \operatorname{tang} \delta = \frac{\omega \lambda}{\rho}, \\ W^2 = \rho^2 + \omega^2 \lambda^2; \end{array} \right.$$

$W^2$  est le dénominateur des radicaux des équations (15).

» Posons encore

$$(17) \quad \operatorname{tang} \alpha = \frac{\tau''(\tau'' - \tau') \omega L_2 + \omega l''}{\tau''(\tau'' - \tau') R_2 + r''};$$

l'équation (14) nous montre que le vecteur représenté par l'un quelconque des termes de cette équation est déphasé de l'angle  $\delta$  par rapport à  $i'$  et de l'angle  $\alpha$  par rapport à  $I_2$ . L'angle de déphasage de  $i'$  par rapport à  $I_2$  est donc égal à  $\delta - \alpha$ ; il est d'ailleurs égal à  $\varphi' - \Phi$ ; nous pouvons donc écrire

$$(18) \quad \varphi' = \Phi + \delta - \alpha.$$

» En calculant successivement  $\operatorname{tang}(\delta - \alpha)$ , puis  $\operatorname{tang}(\Phi + \delta - \alpha)$  au moyen des équations (16), (17) et de la suivante

$$(19) \quad \operatorname{tang} \Phi = \frac{\omega L_2}{R_2},$$

on obtient finalement

$$(20) \quad \operatorname{tang} \varphi' = \frac{\tau''(\tau'' - \tau') Z_2 \sin \delta + z'' \sin(\Phi + \delta - \theta'')}{\tau''(\tau'' - \tau') Z_2 \cos \delta + z'' \cos(\Phi + \delta - \theta'')},$$

équation équivalente à la suivante :

$$(21) \quad \operatorname{tang} \varphi' = \frac{\left\{ \begin{array}{l} (\tau'' \omega l' + \tau' \omega l'') [\tau''(\tau'' - \tau') Z_2^2 + r'' R_2 + \omega^2 l'' L_2] \\ - (\tau'' r' + \tau' r'') [\omega l'' R_2 - r'' \omega L_2] \end{array} \right\}}{\left\{ \begin{array}{l} (\tau'' r' + \tau' r'') [\tau''(\tau'' - \tau') Z_2^2 + r'' R_2 + \omega^2 l'' L_2] \\ + (\tau'' \omega l' + \tau' \omega l'') [\omega l'' R_2 - r'' \omega L_2] \end{array} \right\}};$$

$$(22) \quad \left\{ \begin{array}{l} \cos \varphi' = \frac{\tau''(\tau'' - \tau') Z_2 \cos \delta + z'' \cos(\Phi + \delta - \theta'')}{D'}, \\ \sin \varphi' = \frac{\tau''(\tau'' - \tau') Z_2 \sin \delta + z'' \sin(\Phi + \delta - \theta'')}{D'}, \end{array} \right.$$

avec

$$(23) \quad \left\{ \begin{array}{l} D' = \sqrt{[\tau''(\tau' - \tau')]^2 Z_1^2 + z''^2 + 2 z'' Z_1 \tau''(\tau' - \tau') \cos(\Phi - \theta')}, \\ \text{ou encore} \\ D' = \sqrt{[\tau''(\tau' - \tau') R_2 + r'']^2 + [\tau''(\tau' - \tau') \omega L_2 + \omega l'']^2}. \end{array} \right.$$

» On obtient par permutation

$$(22 \text{ bis}) \quad \left\{ \begin{array}{l} \cos \varphi'' = \frac{\tau'(\tau' - \tau'') Z_1 \cos \delta + z' \cos(\Phi + \delta - \theta')}{D''}, \\ \sin \varphi'' = \frac{\tau'(\tau' - \tau'') Z_1 \sin \delta + z' \sin(\Phi + \delta - \theta')}{D''}, \end{array} \right.$$

avec

$$(23 \text{ bis}) \quad D'' = \sqrt{[\tau'(\tau' - \tau'') R_2 + r']^2 + [\tau'(\tau' - \tau'') \omega L_2 + \omega l']^2}.$$

» Les expressions (20) ou (21) de  $\tan \varphi'$  montrent que les angles de déphasage  $\varphi'$  et  $\varphi''$  des courants  $i'$  et  $i''$  dépendent ici, non seulement des constantes internes des deux transformateurs (résistances, inductances, rapports), mais aussi de la résistance du circuit d'utilisation et par suite de l'angle  $\Phi$ ; mais ils sont indépendants de la tension d'alimentation, ce qui est d'ailleurs bien évident *a priori* puisque, lorsque cette tension varie, tous les vecteurs de courants ou de tensions varient proportionnellement en conservant leurs phases.

» Il y a lieu de remarquer que les équations (13) ou (15) donnent  $i'$  et  $i''$  en supposant connus, non seulement  $I_2$ , mais encore  $R_2$  et  $\omega_2 L_2$ , c'est-à-dire que  $u_2$  est également connu; en fait,  $u_2$  ne varie que peu avec la charge et l'on peut en général se contenter de ces équations.

» Pour obtenir plus de rigueur, il faut avoir recours à l'équation (12) qui donne  $i'$  en fonction de  $u$ , et des constantes  $R$ ,  $R'$ ,  $R''$ ,  $\tau'$ ,  $\tau''$ , du circuit d'utilisation et des deux appareils. Si nous séparons les parties réelles des parties imaginaires, cette équation devient

$$(24) \quad i' [\tau'^2 (R_2 r'' - \omega^2 L_2 i'') + \tau'^2 (R_2 r' - \omega^2 L_2 l') + r' r'' - \omega^2 l' l''] \\ + j i' [\tau'^2 (R_2 \omega l'' + \omega L_2 r'') + \tau''^2 (R_2 \omega l' + \omega L_2 r') + \omega l'' r' + \omega l' r''] \\ = u_1 [R_2 (\tau''^2 - \tau' \tau'') + r''] + j u_1 [\omega L_2 (\tau'^2 - \tau' \tau'') + \omega l'']. \quad .$$

» On en déduit, après quelques transformations, la relation sui-

vante entre les valeurs vectorielles de  $i'$  et  $u_1$  :

$$(25) \left\{ \begin{array}{l} i' = u_1 \sqrt{\frac{\tau''^2 (\tau' - \tau'')^2 Z_1^2 + z''^2 + 2\tau'' (\tau' - \tau'') (R_1 r'' + \omega^2 L_1 l'')}{\left\{ Z_1^2 W_1^2 + z'^2 z''^2 + 2\tau'^2 z''^2 [R_1 r' + \omega^2 L_1 l'] \right\} + 2\tau'^2 z'^2 [R_1 r'' + \omega^2 L_1 l'']}} \quad (1); \\ \text{et l'on obtient par permutation} \\ i'' = u_1 \sqrt{\frac{\tau'^2 (\tau' - \tau'')^2 Z_1^2 + z'^2 + 2\tau' (\tau' - \tau'') (R_1 r' + \omega^2 L_1 l')}{\left\{ Z_1^2 W_1^2 + z'^2 z''^2 + 2\tau'^2 z''^2 [R_1 r' + \omega^2 L_1 l'] \right\} + 2\tau'^2 z'^2 [R_1 r'' + \omega^2 L_1 l'']}}; \end{array} \right.$$

expressions dans lesquelles

$$(26) \quad \left\{ \begin{array}{l} W_1^2 = \rho_1^2 + \omega_1^2 \lambda_1^2, \\ \rho_1 = \tau'^2 r' + \tau''^2 r'', \\ \omega \lambda_1 = \tau'^2 \omega l' + \tau''^2 \omega l''. \end{array} \right.$$

» Si l'on pose

$$(27) \quad [T^2]^2 = Z_1^2 W_1^2 + z'^2 z''^2 + 2\tau'^2 z''^2 [R_1 r' + \omega^2 L_1 l'] + 2\tau''^2 z'^2 [R_1 r'' + \omega^2 L_1 l''],$$

et si l'on définit  $D'$  et  $D''$  par les équations (23) et (23 bis), les équations (25) peuvent s'écrire

$$(28) \quad \left\{ \begin{array}{l} i' = u_1 \frac{D'}{T^2}, \\ i'' = u_1 \frac{D''}{T^2}; \end{array} \right.$$

» *Courants de circulation à vide.* — Pour la marche à vide, nous avons

$$Z_1 = \infty;$$

cette valeur étant portée dans les équations (25), nous obtenons, pour les courants de circulation à vide  $i'_0$  et  $i''_0$  des deux appareils,

$$(29) \quad \left\{ \begin{array}{l} i'_0 = u_1 \frac{\tau'' (\tau'' - \tau')}{W_1}, \\ i''_0 = u_1 \frac{\tau' (\tau' - \tau'')}{W_1}; \end{array} \right.$$

avec

$$W_1^2 = (\tau''^2 r' + \tau'^2 r'')^2 + (\tau''^2 \omega l' + \tau'^2 \omega l'')^2.$$

» Les déphasages correspondants  $\varphi'_0$  et  $\varphi''_0$  par rapport à  $u_2$  sont

(1) Le numérateur de la quantité placée sous le radical est égal au numérateur de la quantité sous-radical de la première équation (15); il est aussi égal à  $D^2$  [équation (23)].

donnés par exemple par l'équation (21) en y faisant  $Z_2 = \infty$  :

$$(30) \quad \tan \varphi'_0 = \tan \varphi''_0 = \frac{\tau'' \omega l' + \tau' \omega l''}{\tau' r' + \tau'' r''} = \tan \delta.$$

» Les angles  $\varphi'_0$  et  $\varphi''_0$  sont donc égaux, c'est-à-dire que les courants à vide  $i'_0$  et  $i''_0$  ont même phase, mais ils sont à chaque instant de signe contraire, d'après les numérateurs des équations (29).

» Les courants secondaires à vide  $\tau' i'_0$  et  $\tau'' i''_0$  sont égaux et de signe contraire d'après (29).

» *Variations de tension secondaire.* — L'équation symbolique (11) relie entre elles les tensions primaire et secondaire; en passant aux constantes réelles et en séparant les termes réels des imaginaires, on obtient

$$(31) \quad u_2 \left[ \left( \frac{R_2}{Z_2^2} + \frac{\tau'^2 r'}{z'^2} + \frac{\tau''^2 r''}{z''^2} \right) - j \left( \frac{\omega L_2}{Z_2^2} + \frac{\tau'^2 \omega l'}{z'^2} + \frac{\tau''^2 \omega l''}{z''^2} \right) \right] \\ = u_1 \left[ \left( \frac{\tau' r'}{z'^2} + \frac{\tau'' r''}{z''^2} \right) - j \left( \frac{\tau' \omega l'}{z'^2} + \frac{\tau'' \omega l''}{z''^2} \right) \right];$$

d'où

$$(32) \quad u_2 = u_1 \sqrt{\frac{\left( \frac{\tau' r'}{z'^2} + \frac{\tau'' r''}{z''^2} \right)^2 + \left( \frac{\tau' \omega l'}{z'^2} + \frac{\tau'' \omega l''}{z''^2} \right)^2}{\left( \frac{R_2}{Z_2^2} + \frac{\tau'^2 r'}{z'^2} + \frac{\tau''^2 r''}{z''^2} \right)^2 + \left( \frac{\omega L_2}{Z_2^2} + \frac{\tau'^2 \omega l'}{z'^2} + \frac{\tau''^2 \omega l''}{z''^2} \right)^2}}.$$

» Pour la marche à vide,  $Z_2 = \infty$ , et l'on a

$$(33) \quad (u_2)_0 = u_1 \sqrt{\frac{\left( \frac{\tau' r'}{z'^2} + \frac{\tau'' r''}{z''^2} \right)^2 + \left( \frac{\tau' \omega l'}{z'^2} + \frac{\tau'' \omega l''}{z''^2} \right)^2}{\left( \frac{\tau'^2 r'}{z'^2} + \frac{\tau''^2 r''}{z''^2} \right)^2 + \left( \frac{\tau'^2 \omega l'}{z'^2} + \frac{\tau''^2 \omega l''}{z''^2} \right)^2}}.$$

» On voit que la tension secondaire à vide est ici différente de celles que donnerait l'un ou l'autre des transformateurs connecté isolément au primaire; ces deux dernières tensions étant différentes l'une de l'autre, chacun des appareils sera le siège d'un courant lorsqu'on effectuera la liaison complémentaire par le secondaire et il en résultera pour chacun d'eux une modification de la tension secondaire dont la nouvelle valeur commune est fournie par l'équation (33).

» *Résumé.* — 1. Si l'on suppose connus à la fois le courant secon-

daire d'utilisation  $I_2$  et la résistance et l'inductance de ce circuit, ce qui revient à se donner  $I_2$ ,  $\Phi$  et  $u_2$  (on a ainsi surabondance de données), les amplitudes des courants particuliers  $i'$  et  $i''$  sont données par les équations (15)

$$(15) \quad \begin{cases} i' = I_2 \frac{D'}{W}, \\ i'' = I_2 \frac{D''}{W}, \end{cases}$$

$W$  étant donné par (16) et  $D'$  et  $D''$  par (23) et (23 bis).

» Les angles de déphasage  $\varphi'$  et  $\varphi''$  sont donnés par les équations (22) et (22 bis).

» On peut généralement se contenter des valeurs  $i'$ ,  $i''$ ,  $\varphi'$ ,  $\varphi''$ , ainsi déterminées; mais on peut encore en déduire les valeurs de  $u_2$  et de  $u_1$ , correspondantes, soient  $(u_2)_\alpha$  et  $(u_1)_\alpha$ . La valeur  $(u_1)_\alpha$  sera différente de la valeur réelle  $u_1$ . En divisant tous les vecteurs de tensions et de courants par le rapport  $\frac{(u_1)_\alpha}{u_1}$ , on obtiendra un diagramme exact, à angles non changés, mais se rapportant à une nouvelle intensité  $I_2 \frac{(u_1)_\alpha}{u_1}$ , légèrement différente de celle dont on était parti.

» 2. Si l'on se donne au contraire la tension primaire  $u_1$  et les constantes  $R_2$  et  $\omega L_2$  du circuit secondaire (le problème est alors correctement posé en toute rigueur), on obtiendra les amplitudes  $i'$  et  $i''$  ramenées au primaire au moyen des équations

$$(28) \quad \begin{cases} i' = u_1 \frac{D'}{T^2}, \\ i'' = u_1 \frac{D''}{T^2}, \end{cases}$$

$T^2$  étant défini par l'équation (27). L'intensité  $I_2$  peut s'obtenir par l'une des équations (15)

$$(34) \quad I_2 = i' \frac{W}{D'};$$

sa phase  $\Phi$  résulte par exemple de

$$(35) \quad \tan \Phi = \frac{\omega L_2}{R_2};$$

la tension  $u_2$  est donnée par

$$(36) \quad u_2 = Z_2 I_2.$$

» Les courants de circulation à vide  $i'_0$  et  $i''_0$  sont fournies par les équations (29)

$$(29) \quad \begin{cases} i'_0 = u_1 \frac{\tau''(\tau'' - \tau')}{W_1}, \\ i''_0 = u_1 \frac{\tau'(\tau' - \tau'')}{W_1}. \end{cases}$$

» IV. MARCHE EN PARALLÈLE D'UN NOMBRE QUELCONQUE  $N$  DE TRANSFORMATEURS AYANT DES RAPPORTS DE TRANSFORMATION A VIDE DIFFÉRENTS. — Nous aurons encore recours ici à la méthode symbolique et nous conserverons les notations employées dans le cas II relatif à  $N$  transformateurs ayant même rapport à vide.

» Soient :

$\tau', \tau'', \dots, \tau^N$  les rapports de transformation à vide;

$$(1) \quad \begin{cases} i' = \frac{i'_2}{\tau'}, \\ i'' = \frac{i''_2}{\tau''}, \\ \dots\dots\dots, \\ (i^N) = \frac{(i^N_2)}{\tau^N} \end{cases}$$

les courants particuliers primaires;

$R', R'', \dots, R^N$  les résistances imaginaires des  $N$  appareils par rapport au primaire

$$(2) \quad \begin{cases} R' = r' + j\omega l', \\ R'' = r'' + j\omega l'', \\ \dots\dots\dots, \\ (R^N) = (r^N) + j\omega (l^N). \end{cases}$$

» Les diagrammes triangulaires particuliers ont tous un même côté  $u_1$ ; les seconds côtés,  $\tau' u_2, \tau'' u_2, \dots$  ont même direction puisque les basses tensions sont en parallèle.

» Nous avons les équations symboliques évidentes

$$(3) \quad u_1 = \tau' u_2 + R' i' = \tau'' u_2 + R'' i'' = \dots = (\tau^N) u_2 + (R^N) (i^N),$$

$$(4) \quad I_2 = \tau' i' + \tau'' i'' + \dots + (\tau^N) (i^N).$$

» Le circuit d'utilisation nous donne, comme pour le cas III, une impédance

$$(5) \quad Z_1 = \sqrt{R_1^2 + \omega^2 L_1^2}$$



et une résistance imaginaire

$$(6) \quad R = R_1 + j \omega L_1.$$

» Il en résulte l'équation symbolique

$$(7) \quad u_2 = R I_2.$$

» Les équations (3) nous donnent

$$(8) \quad \left\{ \begin{array}{l} i' = \frac{u_1}{R'} - \frac{\tau'}{R'} u_2, \\ i'' = \frac{u_1}{R''} - \frac{\tau''}{R''} u_2, \\ \dots\dots\dots, \\ (i^N) = \frac{u_1}{(R^N)} - \frac{(\tau^N)}{(R^N)} u_2; \end{array} \right.$$

d'où, en additionnant,

$$(9) \quad \sum_1^N i' = u_1 \sum_1^N \frac{1}{R'} - u_2 \sum_1^N \frac{\tau'}{R'}.$$

» En comparant l'équation (9) avec l'une quelconque des équations (8), on voit que cette équation (9) se rapporte à un transformateur équivalent à l'ensemble des  $N$  transformateurs montés en parallèle; l'intensité primaire de ce transformateur est  $\sum_1^N i'$ ; sa résistance imaginaire  $\rho$  est telle que l'on ait

$$(10) \quad \frac{1}{\rho} = \sum_1^N \frac{1}{R'},$$

et son rapport  $\tau$  est tel que

$$(11) \quad \frac{\tau}{\rho} = \sum_1^N \frac{\tau'}{R'}.$$

» Il résulte de (10) et (11) que

$$(12) \quad \tau = \frac{\sum_1^N \frac{\tau'}{R'}}{\sum_1^N \frac{1}{R'}};$$

la valeur de ce rapport est en général imaginaire, sauf pour  $\tau' = \tau'' = \dots = \tau^N$ , ou pour  $R' = R'' = \dots = R^N$ .

» On a, d'autre part, dans le circuit secondaire,

$$(13) \quad I_2 = \sum_1^N \tau' i';$$

en y remplaçant les  $i'$  par leurs valeurs (8), on obtient

$$(14) \quad I_2 = u_1 \sum_1^N \frac{\tau'}{R'} - u_2 \sum_1^N \frac{\tau'^2}{R'};$$

et comme, d'après (7),

$$(15) \quad I_2 = \frac{u_2}{R},$$

$$(16) \quad \frac{u_2}{R} = u_1 \sum_1^N \frac{\tau'}{R'} - u_2 \sum_1^N \frac{\tau'^2}{R'},$$

d'où

$$(17) \quad RI_2 = u_2 = u_1 \frac{\sum_1^N \frac{\tau'}{R'}}{\frac{1}{R} + \sum_1^N \frac{\tau'^2}{R'}}.$$

En remplaçant  $u_2$  par cette valeur dans les équations (8), il vient

$$(18) \quad \left\{ \begin{array}{l} i' = \frac{u_1}{R'} \left[ 1 - \frac{\tau' \sum_1^N \frac{\tau'}{R'}}{\frac{1}{R} + \sum_1^N \frac{\tau'^2}{R'}} \right], \\ i'' = \frac{u_1}{R''} \left[ 1 - \frac{\tau'' \sum_1^N \frac{\tau'}{R'}}{\frac{1}{R} + \sum_1^N \frac{\tau'^2}{R'}} \right], \\ \dots \dots \dots \\ (i^N) = \frac{u_1}{(R^N)} \left[ 1 - \frac{(\tau^N) \sum_1^N \frac{\tau'}{R'}}{\frac{1}{R} + \sum_1^N \frac{\tau'^2}{R'}} \right]. \end{array} \right.$$

» Nous avons ainsi les expressions symboliques des courants particuliers primaires, tels que  $i'$ , en fonction de la tension primaire  $u_1$  et des constantes symboliques des transformateurs et du circuit d'utilisation secondaire.

» Pour avoir ces mêmes valeurs en fonction du courant secondaire d'utilisation  $I_2$ , il nous suffit de remplacer, en (18),  $u_1$  par sa valeur tirée de (17)

$$(19) \quad u_1 = I_2 \frac{1 + R \sum_1^N \frac{\tau'^2}{R'}}{\sum_1 \frac{\tau'}{R'}},$$

et nous obtenons

$$(20) \quad \left\{ \begin{array}{l} i' = \frac{I_2}{R' \sum_1 \frac{\tau'}{R'}} \left[ 1 + R \left( \sum_1^N \frac{\tau'^2}{R'} - \tau' \sum_1^N \frac{\tau'}{R'} \right) \right], \\ i'' = \frac{I_2}{R'' \sum_1 \frac{\tau'}{R'}} \left[ 1 + R \left( \sum_1^N \frac{\tau'^2}{R'} - \tau'' \sum_1^N \frac{\tau'}{R'} \right) \right], \\ \dots\dots\dots \\ (i^N) = \frac{I_2}{R^N \sum_1 \frac{\tau'}{R'}} \left[ 1 + R \left( \sum_1^N \frac{\tau'^2}{R'} - \tau^N \sum_1^N \frac{\tau'}{R'} \right) \right]. \end{array} \right.$$

» Les équations symboliques (17), (18) et (20) permettent de résoudre le problème quelles qu'en soient les données; les angles de déphasage  $\varphi'$ ,  $\varphi''$ , ...,  $\varphi^N$  s'obtiendront en passant aux quantités réelles.

» L'équation (20) de rang  $K$  peut s'écrire

$$(21) \quad i^K = \frac{I_2}{R^K \sum_1 \frac{\tau'}{R'}} \left[ 1 + R \sum_1^N \frac{\tau'(\tau' - \tau^K)}{R'} \right].$$

» En remplaçant les résistances imaginaires par leurs valeurs complexes et en séparant les quantités réelles et imaginaires, on

obtient

$$(22) \quad i^K \left\{ \left[ r^K \sum_1^N \frac{\tau' r'}{z'^2} + \omega l^K \sum_1^N \frac{\tau' \omega l'}{z'^2} \right] + j \left[ \omega l^K \sum_1^N \frac{\tau' r'}{z'^2} - r^K \sum_1^N \frac{\tau' \omega l'}{z'^2} \right] \right\} \\ = I_2 \left\{ \left[ 1 + R_2 \sum_1^N \frac{\tau'(\tau' - \tau^K) r'}{z'^2} + \omega L_2 \sum_1^N \frac{\tau'(\tau' - \tau^K) \omega l'}{z'^2} \right] \right. \\ \left. + j \left[ \omega L_2 \sum_1^N \frac{\tau'(\tau' - \tau^K) r'}{z'^2} - R_2 \sum_1^N \frac{\tau'(\tau' - \tau^K) \omega l'}{z'^2} \right] \right\}.$$

» Cette forme d'équation se prête aisément aux applications; pour l'intensité  $i^K$  considérée,  $\tau^K$  est immuable dans les développements des  $\Sigma$ , tandis que  $\tau'$  varie de  $\tau'$  à  $\tau^K$ . On remarquera que tous les  $\Sigma$  de la parenthèse facteur de  $I_2$  n'ont en réalité que  $N - 1$  termes, car ils ont tous un terme nul, celui pour lequel  $\tau' = \tau^K$ .

» L'équation (22) donne  $i^K$  en fonction de  $I_2$ . Nous pouvons exprimer  $i^K$  en fonction de  $u_1$  au moyen des équations (18); celle de rang  $K$  s'écrit

$$(23) \quad i^K = \frac{u_1}{R^K} \left[ 1 - \frac{\tau^K \sum_1^N \frac{\tau'}{R'}}{\frac{1}{R} + \sum_1^N \frac{\tau'^2}{R'}} \right],$$

ou

$$(24) \quad i^K \left[ \frac{R^K}{R} + R^K \sum_1^N \frac{\tau'^2}{R'} \right] = u_1 \left[ \frac{1}{R} + \sum_1^N \frac{\tau'(\tau' - \tau^K)}{R'} \right].$$

» En remplaçant les résistances imaginaires par leurs valeurs complexes et en séparant les quantités réelles et imaginaires, on obtient entre  $i^K$  et  $u_1$  la relation définitive

$$(25) \quad i^K \left[ \left[ \frac{r^K R_2 + \omega^2 l^K L_2}{Z_2^2} + r^K \sum_1^N \frac{\tau'^2 r'}{z'^2} + \omega l^K \sum_1^N \frac{\tau'^2 \omega l'}{z'^2} \right] \right. \\ \left. + j \left[ \frac{\omega l^K R_2 - r^K \omega L_2}{Z_2^2} + \omega l^K \sum_1^N \frac{\tau'^2 r'}{z'^2} - r^K \sum_1^N \frac{\tau'^2 \omega l'}{z'^2} \right] \right] \\ = u_1 \left[ \left[ \frac{R_2}{Z_2^2} + \sum_1^N \frac{\tau'(\tau' - \tau^K) r'}{z'^2} \right] - j \left[ \frac{\omega L_2}{Z_2^2} + \sum_1^N \frac{\tau'(\tau' - \tau^K) \omega l'}{z'^2} \right] \right].$$

» *Courants de circulation à vide.* — L'équation (25) nous fournit aussitôt les intensités des courants de circulation à vide, en y faisant

$$Z_2 = \infty;$$

la grandeur du vecteur représentant cette intensité, pour le transformateur de rang  $K$ , est

$$(26) \quad i_0^K = u_1 \sqrt{\frac{\left[ \sum_1^N \frac{\tau'(\tau' - \tau^K) r'}{z'^2} \right]^2 + \left[ \sum_1^N \frac{\tau'(\tau' - \tau^K) \omega l'}{z'^2} \right]^2}{\left( r^K \sum_1^N \frac{\tau'^2 r'}{z'^2} + \omega l^K \sum_1^N \frac{\tau'^2 \omega l'}{z'^2} \right)^2 + \left( \omega l^K \sum_1^N \frac{\tau'^2 r'}{z'^2} - r^K \sum_1^N \frac{\tau'^2 \omega l'}{z'^2} \right)^2}}.$$

» Les phases des courants  $i$  par rapport à  $u_1$  sont également déterminables dans chaque cas particulier au moyen de l'équation (25).

» *Variations de tension secondaire.* — L'équation symbolique (17) nous donne la tension secondaire  $u_2$  en fonction de la tension primaire  $u_1$ . En faisant la séparation des parties réelles et imaginaires, cette équation devient

$$(27) \quad \begin{aligned} u_2 \left[ \left( \frac{R_2}{Z_2^2} + \sum_1^N \frac{\tau'^2 r'}{z'^2} \right) - j \left( \frac{\omega L_2}{Z_2^2} + \sum_1^N \frac{\tau'^2 \omega l'}{z'^2} \right) \right] \\ = u_1 \left( \sum_1^N \frac{\tau' r'}{z'^2} - j \sum_1^N \frac{\tau' \omega l'}{z'^2} \right). \end{aligned}$$

Il en résulte, pour l'amplitude du vecteur  $u_2$ ,

$$(28) \quad u_2 = u_1 \sqrt{\frac{\left( \sum_1^N \frac{\tau' r'}{z'^2} \right)^2 + \left( \sum_1^N \frac{\tau' \omega l'}{z'^2} \right)^2}{\left( \frac{R_2^2}{Z_2^2} + \sum_1^N \frac{\tau'^2 r'}{z'^2} \right)^2 + \left( \frac{\omega L_2^2}{Z_2^2} + \sum_1^N \frac{\tau'^2 \omega l'}{z'^2} \right)^2}}.$$

» Lors de la marche à vide, on a

$$Z_2 = \infty,$$

$$(29) \quad (u_2)_0 = u_1 \sqrt{\frac{\left( \sum_1^N \frac{\tau' r'}{z'^2} \right)^2 + \left( \sum_1^N \frac{\tau' \omega l'}{z'^2} \right)^2}{\left( \sum_1^N \frac{\tau'^2 r'}{z'^2} \right)^2 + \left( \sum_1^N \frac{\tau'^2 \omega l'}{z'^2} \right)^2}}.$$

» On voit encore ici que, pour la marche à vide, la tension secondaire est déjà différente de celle qui correspondrait à chaque appareil connecté au primaire isolément. Il faudra donc, lorsqu'on voudra estimer la chute de tension pour une charge secondaire donnée, soustraire la tension correspondant à cette charge de la tension  $(u_2)_0$ .

» V. CAS GÉNÉRAL : MARCHÉ EN PARALLÈLE DE  $N$  TRANSFORMATEURS NON SOUMIS A LA SIMPLIFICATION DE KAPP. — Nous avons limité cette étude aux transformateurs un peu incomplets envisagés sous la forme si heureusement simplifiée de Kapp; en envisageant les équations du transformateur avec coefficients de selfs totaux et d'induction mutuelle, M. Langevin a démontré que l'on peut remplacer un nombre quelconque de transformateurs complets à perméances constantes par un transformateur unique équivalent.

» Soient, en effet :

$u_1$  et  $u_2$  les tensions primaire et secondaire de l'un des appareils;

$i_1$  et  $i_2$  les courants primaire et secondaire;

$R_1$  et  $R_2$  ses résistances primaire et secondaire;

$L_1$  et  $L_2$  ses coefficients de self primaire et secondaire;

$M$  le coefficient de mutuelle induction;

$r_1 = R_1 + j\omega L_1$  la résistance imaginaire primaire;

$r_2 = R_2 + j\omega L_2$  la résistance imaginaire secondaire;

$m = j\omega M$  l'inductance mutuelle imaginaire.

» Les équations du transformateur s'écrivent

$$(1) \quad u_1 = r_1 i_1 + m i_2,$$

$$(2) \quad u_2 = r_2 i_2 + m i_1.$$

» Si nous avons  $N$  appareils en parallèle, l'ensemble peut être considéré comme équivalent à un seul transformateur de résistance imaginaire primaire  $\rho_1$ , de résistance imaginaire secondaire  $\rho_2$ , de mutuelle inductance imaginaire  $\mu$ , ayant comme courant primaire la somme  $\Sigma i_1$  des courants primaires, comme courant secondaire la somme  $\Sigma i_2$  des courants secondaires, et tel que ses tensions primaire et secondaire soient  $u_1$  et  $u_2$ .

» Les équations relatives à ce transformateur équivalent sont

donc

$$(3) \quad u_1 = \rho_1 \Sigma i_1 + \mu \Sigma i_2,$$

$$(4) \quad u_2 = \rho_2 \Sigma i_2 + \mu \Sigma i_1.$$

» On tire de (1) et (2)

$$(5) \quad i_1 = \frac{r_2 u_1 - m u_2}{r_1 r_2 - m^2},$$

$$(6) \quad i_2 = \frac{r_1 u_2 - m u_1}{r_1 r_2 - m^2}$$

et de (3) et (4)

$$(7) \quad \Sigma i_1 = \frac{\rho_2 u_1 - \mu u_2}{\rho_1 \rho_2 - \mu^2},$$

$$(8) \quad \Sigma i_2 = \frac{\rho_1 u_2 - \mu u_1}{\rho_1 \rho_2 - \mu^2}.$$

» Faisons la somme de toutes les équations telles que (5), d'une part, et de toutes celles telles que (6), d'autre part; nous obtenons

$$(9) \quad \Sigma i_1 = u_1 \Sigma \frac{r_2}{r_1 r_2 - m^2} - u_2 \Sigma \frac{m}{r_1 r_2 - m^2},$$

$$(10) \quad \Sigma i_2 = u_2 \Sigma \frac{r_1}{r_1 r_2 - m^2} - u_1 \Sigma \frac{m}{r_1 r_2 - m^2};$$

ou encore

$$(11) \quad \Sigma i_1 = u_1 \sigma_2 - u_2 \sigma,$$

$$(12) \quad \Sigma i_2 = u_2 \sigma_1 - u_1 \sigma;$$

ceci en posant

$$(13) \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1 = \Sigma \frac{r_1}{r_1 r_2 - m^2}, \\ \sigma_2 = \Sigma \frac{r_2}{r_1 r_2 - m^2}, \\ \sigma = \Sigma \frac{m}{r_1 r_2 - m^2}. \end{array} \right.$$

» En identifiant les équations (11) et (12) avec (7) et (8) respectivement, nous avons

$$(14) \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1 = \frac{\rho_1}{\rho_1 \rho_2 - \mu^2}, \\ \sigma_2 = \frac{\rho_2}{\rho_1 \rho_2 - \mu^2}, \\ \sigma = \frac{\mu}{\rho_1 \rho_2 - \mu^2}. \end{array} \right.$$

» On tire des équations (14)

$$(15) \quad \frac{1}{\rho_1 \rho_2 - \mu^2} = \sigma_1 \sigma_2 - \sigma_2;$$

il en résulte que

$$(16) \quad \left\{ \begin{array}{l} \rho_1 = \frac{\sigma_1}{\sigma_1 \sigma_2 - \sigma^2}, \\ \rho_2 = \frac{\sigma_2}{\sigma_1 \sigma_2 - \sigma^2}, \\ \mu = \frac{\sigma}{\sigma_1 \sigma_2 - \sigma^2}. \end{array} \right.$$

» Les constantes imaginaires du transformateur équivalent sont ainsi déterminées et la proposition de M. Langevin se trouve démontrée.

» Bien que nous ne soyons pas habitués à considérer, dans les essais pratiques relatifs aux transformateurs, les coefficients de self induction totaux *séparés* primaire et secondaire et les coefficients d'induction mutuelle, il est certain que, dans le cas présent, cette considération peut nous conduire à une plus grande exactitude, surtout pour les faibles charges.

» La difficulté technique réside dans le *scindage* des tensions selfiques de fuites primaire et secondaire, lesquelles nous sont

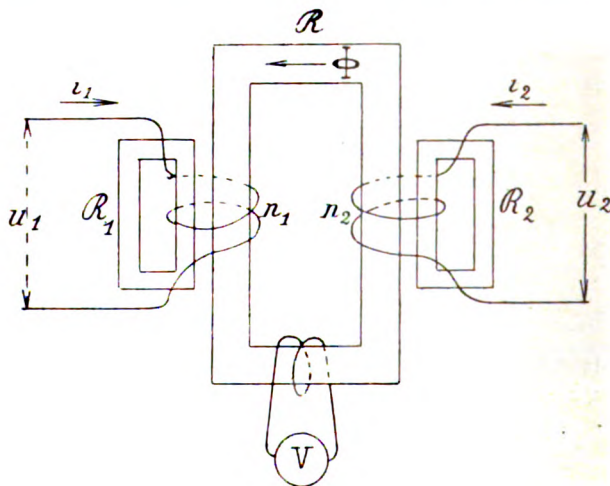


Fig. 4.

données en bloc et rapportées au primaire par l'essai en court circuit. Cette difficulté ne semble pas insurmontable.



» Considérons le transformateur schématique de la figure 4. Le circuit magnétique est considéré comme comprenant trois parties : une partie traversée par le flux commun aux deux circuits primaire et secondaire et dont la réluctance est  $\mathfrak{R}$  ; une partie réservée au flux de fuite primaire dont la réluctance est  $\mathfrak{R}_1$ , et une partie réservée au flux de fuite secondaire dont la réluctance est  $\mathfrak{R}_2$ .

» Si l'on désigne par  $n_1$  et  $n_2$  les nombres de spires primaire et secondaire, on sait que

$$(17) \quad \left\{ \begin{array}{l} L_1 = \mathfrak{L}_1 + l_1 \\ \text{avec} \\ \mathfrak{L}_1 = \frac{4\pi n_1^2}{\mathfrak{R}}, \\ l_1 = \frac{4\pi n_1^2}{\mathfrak{R}_1}; \\ L_2 = \mathfrak{L}_2 + l_2 \\ \text{avec} \\ \mathfrak{L}_2 = \frac{4\pi n_2^2}{\mathfrak{R}}, \\ l_2 = \frac{4\pi n_2^2}{\mathfrak{R}_2}, \\ \mathfrak{M} = \frac{4\pi n_1 n_2}{\mathfrak{R}}. \end{array} \right.$$

» Si lors de l'essai en court circuit nous disposons, sur la partie commune de réluctance  $\mathfrak{R}$ , un certain nombre  $n$  de spires de résistance  $s$ , reliées à un voltmètre  $V$ , nous déduirons de la tension  $\nu$  ainsi mesurée la tension par spire  $\varepsilon$  due au flux commun; par exemple, si le voltmètre est sans self et si sa résistance est  $s_2$ , on aura

$$(18) \quad \varepsilon = \frac{s_1 + s_2}{s_2} \frac{\nu}{n};$$

la force électromotrice  $e_2$  induite dans le secondaire par le flux commun sera, en la rapportant au primaire,

$$(19) \quad e_2 = \tau n_2 \varepsilon;$$

en retranchant vectoriellement (*fig. 5*) de cette tension  $\tau n_2 \varepsilon = ac$  la chute par effet Joule  $\tau x_2 i_2 = ab$  dans le secondaire, on aura



» Nous avons envisagé avec M. Léonard une autre méthode de scindage des fuites primaire et secondaire par voie expérimentale qui consiste à faire débiter le transformateur sur une self assez importante et aussi peu résistante que possible; les courants primaire et secondaire étant alors très sensiblement en opposition, la différence des ampères-tours correspondants donnerait alors les ampères-tours magnétisants et par suite le flux commun d'après la caractéristique à vide.

» Pour le fonctionnement normal du transformateur, nous connaissons maintenant la réluctance  $\mathfrak{A}$  du circuit commun, par la caractéristique à vide, et  $L_1$ ,  $L_2$  et  $M$  d'après les formules (17); le transformateur est ainsi entièrement déterminé.

» La considération du transformateur équivalent nous permet alors de résoudre tout problème relatif à la marche en parallèle.

» Cherchons tout d'abord à évaluer  $u_2$  en fonction de  $u_1$  pour une résistance imaginaire  $R = R_2 + j\omega L_2$  du circuit d'utilisation secondaire.

» Nous avons

$$(17) \quad u_2 = -R \Sigma i_2;$$

portant cette valeur en (4), nous avons

$$(18) \quad (\rho_2 + R) \Sigma i_2 = -\mu \Sigma i_1.$$

» Éliminons  $\Sigma i_1$  entre (3) et (18), puis remplaçons  $\Sigma i_2$  par  $-\frac{u_2}{R}$ ; il vient

$$(19) \quad u_2 = -\frac{\mu R}{\mu^2 - \rho_1(\rho_2 + R)} u_1.$$

» Si nous remplaçons  $u_2$  par cette valeur dans les équations (5) et (6), celles-ci deviennent

$$(20) \quad i_2 = -u_1 \left[ \frac{m + \frac{r_1 \mu R}{\mu^2 - \rho_1(\rho_2 + R)}}{r_1 r_2 - m^2} \right],$$

$$(21) \quad i_1 = u_1 \left[ \frac{r_2 + \frac{m \mu R}{\mu^2 - \rho_1(\rho_2 + R)}}{r_1 r_2 - m^2} \right].$$

» Les équations symboliques (19), (20) et (21) permettent de

résoudre tout problème relatif à la marche en parallèle de transformateurs lorsque leurs constantes imaginaires sont déterminées.

» L'étude qui précède est actuellement susceptible d'applications; cependant, lorsqu'on veut faire fonctionner des transformateurs en parallèle, il n'en est pas moins vrai que la règle la plus sage consiste à leur donner *à la fois* des rapports de transformation égaux à vide et des triangles de court circuit identiques pour leurs charges normales respectives. Il est ordinairement facile de satisfaire très sensiblement à la première condition, bien que le pourcentage de modification par spire de la tension la plus basse soit parfois considérable pour de gros transformateurs et que la correction du rapport effectuée en agissant sur le nombre de spires haute tension puisse entraîner alors une incomplète utilisation du fer pour un noyau normal. La seconde condition, identification des triangles de court circuit, doit être en général adoptée également, surtout pour les appareils puissants, bien qu'elle soit souvent difficile à réaliser dans la conception interne des appareils, qu'elle conduise alors à employer des impédances adjointes et qu'il puisse être pénible d'imposer à tous les transformateurs la chute de tension du plus désavantagé à ce point de vue.

#### D. — Exemples de répartitions de courants.

» Il est parfois délicat de déterminer le mode de répartition des courants dans les transformateurs. Nous avons indiqué un exemple d'une telle détermination à propos des diviseurs de tension <sup>(1)</sup>. Nous indiquerons ici quelques autres exemples :

» I. AUTOTRANSFORMATEUR EN ZIGZAG (*fig. 1*). — Soient :

$i_1, i_2, i_3$  les courants d'alimentation;

$at_1, at_2, at_3$  les ampères-tours correspondants dans les enroulements 1, 2, 3;

$\ddot{i}_1, \ddot{i}_2, \ddot{i}_3$  les courants dans les bobinages inférieurs de chaque jambe;

$I_1, I_2, I_3$  les courants extérieurs d'utilisation;

---

<sup>(1)</sup> *Industrie électrique* du 10 avril 1911, p. 153.

les courants et les ampères-tours étant comptés positivement dans le sens des flèches.

» Il est facile de voir, par raison de symétrie triphasée, que les flux par jambe sont finis et faciles à déterminer, ainsi que les forces

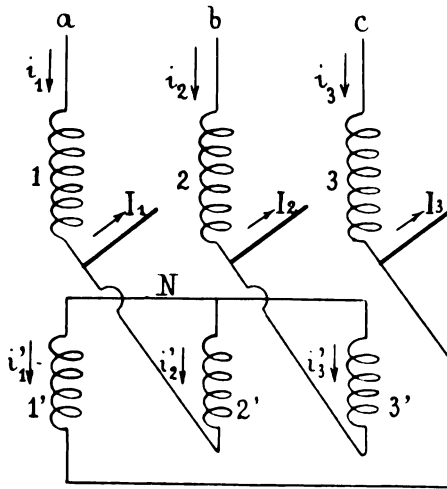


Fig. 1.

contre-électromotrices des différentes portions d'enroulement. En négligeant les courants à vide, nous pouvons écrire que la somme des ampères-tours entourant un circuit magnétique complet quelconque est nulle; en prenant par exemple le circuit constitué par les jambes 1 et 2, on obtient ainsi

$$at_1 + at'_1 - at_2 - at'_2 = 0$$

ou

$$(1) \quad at'_1 - at'_2 = -(at_1 - at_2).$$

» Par raison de symétrie triphasée,  $at_1$  et  $at_2$  sont déphasés de  $\frac{2\pi}{3}$  (fig. 2); la différence  $(at_1 - at_2)$  se construit aisément : elle est représentée par le vecteur  $Om$ , déphasé de  $30^\circ$  en avant de  $at_1$ . Le vecteur  $Om' = -(at_1 - at_2) = (at'_1 - at'_2)$  est égal et de signe contraire.

» Toujours par simple raison de symétrie triphasée, le vecteur  $at'_1$  doit être déphasé par rapport à  $at'_2$  et à  $(at'_1 - at'_2)$  de la même façon que le vecteur  $at_1$  est déphasé respectivement par rapport à  $at_2$  et à  $(at_1 - at_2)$ ; et comme le vecteur  $at_1$  est phasé à  $30^\circ$  en

arrière de  $(at_1 - at_2)$ , le vecteur  $at'_1$  sera phasé à  $30^\circ$  en arrière de  $(at'_1 - at'_2)$ , c'est-à-dire en  $On$ .

» Enfin, de même que  $at_2$  est phasé à  $\frac{2\pi}{3}$  en arrière de  $at_1$ , le vecteur  $at'_2$  sera phasé en  $Op$ , à  $\frac{2\pi}{3}$  en arrière de  $at'_1$ . Les deux vecteurs  $at'_1$  et  $-at'_2$ , étant phasés symétriquement par rapport à leur résultante  $Om' = at'_1 - at'_2$ , doivent être égaux en grandeur.

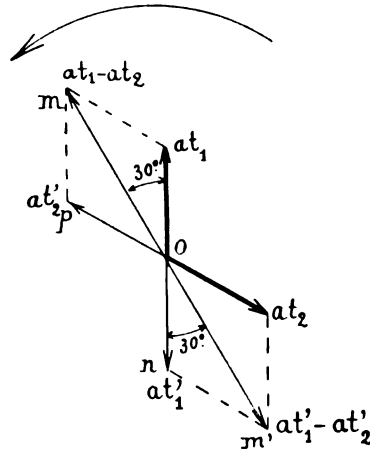


Fig. 2.

» Les ampères-tours  $at'_1$  et  $at'_2$  sont donc respectivement égaux aux ampères-tours  $at_1$  et  $at_2$  et de signe contraire :

$$(2) \quad \begin{cases} at_1 = ni_1 = -at'_2 = -n' i'_2, \\ at_2 = ni_2 = -at'_1 = -n' i'_1; \end{cases}$$

en désignant par  $n$  le nombre de spires de chacun des enroulements 1, 2, 3; et par  $n'$  le nombre de spires de chacun des enroulements 1', 2', 3'.

» On déduit des équations (2) :

$$(3) \quad \begin{cases} i'_1 = -\frac{n}{n'} i_1, \\ i'_2 = -\frac{n}{n'} i_2, \\ i'_3 = -\frac{n}{n'} i_3. \end{cases}$$

» Il est alors facile de construire ou de calculer les courants  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  : le courant  $I_1$ , par exemple, est la résultante du courant  $i_1$ ,

et du courant  $i_2'' = -\frac{n}{n'}i_2$ , phasé à  $60^\circ$  en avant de  $i_1$  (fig. 3); les valeurs efficaces des courants  $i_1$  et  $i_2$  étant égales, on obtient

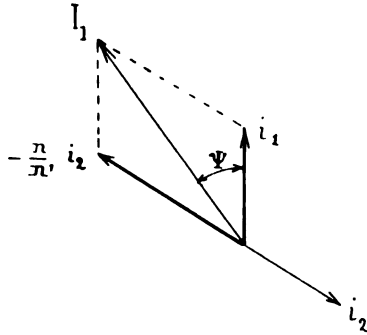


Fig. 3.

aussitôt, en projetant  $I_1$  sur la direction de  $i_1$  et sur une direction perpendiculaire

$$(4) \quad I_1 = i_1 \sqrt{\left[1 + \frac{1}{2} \frac{n}{n'}\right]^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{n}{n'}\right)^2}.$$

» Le courant  $I_1$  est d'ailleurs déphasé par rapport à  $i_1$  de l'angle  $\psi$  tel que

$$(5) \quad \tan \psi = -\frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{n}{n'}}{1 + \frac{1}{2} \frac{n}{n'}},$$

le signe — indiquant un déphasage *en avance* de  $I_1$  par rapport à  $i_1$ .

» II. TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ A VIDE. — Nous nous proposons de chercher la valeur des courants wattés et déwattés à vide pour chacun des trois enroulements primaires. Il est *essentiel* de distinguer ici entre les courants wattés et déwattés *exigés* par chaque jambe du circuit magnétique et les courants wattés et déwattés *fournis* à chacun des trois enroulements.

» Considérons (fig. 1), un transformateur triphasé dont les jambes de circuit magnétique ont des réluctances et des dimensions de fer différentes; nous admettrons que les courants à vide sont assez faibles pour que toute force contre-électromotrice puisse être confondue, au signe près, avec la différence de potentiel appliquée correspondante; dans ces conditions, si les nombres

de spires par phase sont égaux, si les différences de potentiel appliquées sont triphasées et si les réluctances sont faibles, les

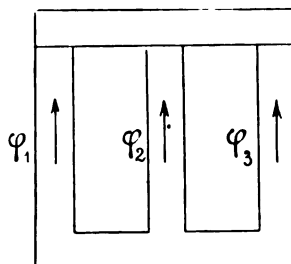


Fig. 1.

trois flux sont triphasés, c'est-à-dire égaux et déphasés l'un par rapport à l'autre de  $\frac{2\pi}{3}$ .

» Soient (fig. 1) :

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= \Phi \sin \omega t, \\ \varphi_2 &= \Phi \sin \left( \omega t + \frac{2\pi}{3} \right), \\ \varphi_3 &= \Phi \sin \left( \omega t + \frac{4\pi}{3} \right)\end{aligned}$$

ces trois flux, comptés positivement suivant les flèches de la figure;

»  $i_1, i_2, i_3$  les courants wattés *exigés* par chacune des jambes du circuit magnétique, chacun d'eux étant obtenu en divisant les pertes en watts de la jambe magnétique correspondante par la différence de potentiel efficace appliquée aux bornes de l'enroulement correspondant; chacun de ces courants est en coïncidence de phase avec cette différence de potentiel;

$i'_1, i'_2, i'_3$  les courants déwattés *exigés* par chacune des jambes du circuit magnétique, chacun d'eux étant obtenu en divisant les ampères-tours, nécessaires pour produire le flux correspondant dans cette jambe, par le nombre de spires de l'enroulement correspondant; chacun de ces courants est en phase avec le flux correspondant et, par suite, en quadrature avec la différence de potentiel correspondante.

» Nous allons construire graphiquement la somme des ampères-



tours, ou des ampères, nécessaires à chacun des circuits magnétiques parcourus complètement en suivant deux des jambes du noyau.

» Pour le circuit I-II, nous ajouterons vectoriellement (fig. 2) :

$i'_1$  en phase avec  $\varphi_1$  et en quadrature avec  $u_1$ ;

$i_1$  en phase avec  $u_1$ ;

—  $i'_2$ , phasé à  $\frac{\pi}{2}$  en avant de  $u_2$ ;

—  $i_2$ , en opposition avec  $u_2$ .

» Le vecteur  $Oa$ , résultant des quatre vecteurs précédents,

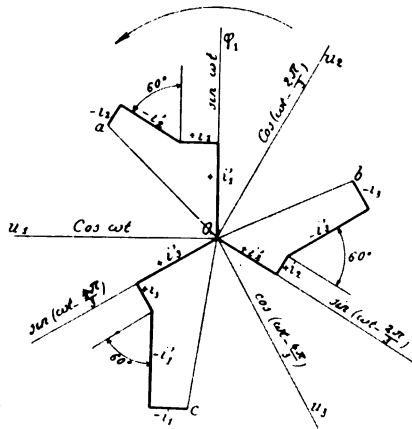


Fig. 2.

et que nous désignerons par  $(I_1 - I_2)$ , doit être fourni par l'ensemble des enroulements 1 et 2, ce dernier inversé.

» Pour le circuit II-III, nous ajouterons vectoriellement :

$i'_2$ , phasé à  $\frac{\pi}{2}$  en arrière de  $u_2$ ;

$i_2$ , en phase avec  $u_2$ ;

—  $i'_3$ , phasé à  $\frac{\pi}{2}$  en avant de  $u_3$ ;

—  $i_3$ , en opposition avec  $u_3$ .

» Le vecteur  $Ob$ , résultant des quatre vecteurs précédents, et que nous désignerons par  $(I_2 - I_3)$ , doit être fourni par l'ensemble des enroulements 2 et 3, ce dernier inversé.

» Pour le circuit III-I, nous ajouterons vectoriellement :

$i'_3$ , phasé à  $\frac{\pi}{2}$  en arrière de  $u_3$ ;

$i_3$ , en phase avec  $u_3$ ;

—  $i'_1$ , phasé à  $\frac{\pi}{2}$  en avant de  $u_1$ ;

—  $i_1$ , en opposition avec  $u_1$ .

» Le vecteur  $Oc$ , résultant des quatre vecteurs précédents, et que nous désignerons par  $(I_2 - I_1)$ , doit être fourni par l'ensemble des enroulements 3 et 4, ce dernier inversé.

» *Couplage étoile des enroulements.* — Dans ce cas, si nous désignons par  $j_1, j_2, j_3$  les courants instantanés traversant chacune des jambes d'enroulement, la connection électrique étoile donne

$$(1) \quad j_1 + j_2 + j_3 = 0;$$

il en résulte aussitôt

$$(2) \quad 3j_1 = (j_1 - j_2) - (j_3 - j_1),$$

$$(3) \quad 3j_2 = (j_2 - j_3) - (j_1 - j_2),$$

$$(4) \quad 3j_3 = (j_3 - j_1) - (j_2 - j_3).$$

» Si nous considérons l'un des circuits magnétiques, I-II par exemple, la somme des ampères  $(j_1 - j_2)$  fournis aux enroulements, en suivant le circuit magnétique, doit être égale à la somme des ampères exigés par les deux parties du circuit magnétique, en suivant également ce circuit; or, la valeur instantanée de cette dernière somme peut être évaluée facilement au moyen de la figure 2. Nous trouverons en effet la valeur instantanée du triple du courant  $j_1$ , d'après l'équation (2), en prenant les projections des vecteurs  $(I_1 - I_2)$  et  $(I_3 - I_1)$  sur une même direction origine des phases, qui sera ici celle de la différence de potentiel  $u_1$ , correspondante de  $j_1$ , et sur la direction déphasée de  $\frac{\pi}{2}$  en arrière de  $u_1$ ; la première somme de projections, en phase avec  $u_1$ , sera en  $\cos \omega t$ , comme  $u_1$ ;

cette somme sera la valeur efficace de la composante wattée du courant  $3 j_1$ ; la seconde somme, en phase avec  $\varphi_1$ , sera en  $\sin \omega t$ ; ce sera la valeur efficace de la composante déwattée du courant  $3 j_1$ .

» En suivant cette règle, nous obtenons :

$$(5) \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{3 j_1}{\sqrt{2}} &= \left( 2 i'_1 + \frac{1}{2} i'_2 + \frac{1}{2} i'_3 - \frac{\sqrt{3}}{2} i_1 + \frac{\sqrt{3}}{2} i_3 \right) \sin \omega t \\ &+ \left( 2 i_1 + \frac{1}{2} i_2 + \frac{1}{2} i_3 + \frac{\sqrt{3}}{2} i'_2 - \frac{\sqrt{3}}{2} i'_3 \right) \cos \omega t, \\ \frac{3 j_2}{\sqrt{2}} &= \left( 2 i'_2 + \frac{1}{2} i'_3 + \frac{1}{2} i'_1 - \frac{\sqrt{3}}{2} i_3 + \frac{\sqrt{3}}{2} i_1 \right) \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \\ &+ \left( 2 i_2 + \frac{1}{2} i_3 + \frac{1}{2} i_1 + \frac{\sqrt{3}}{2} i'_3 - \frac{\sqrt{3}}{2} i'_1 \right) \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right), \\ \frac{3 j_3}{\sqrt{2}} &= \left( 2 i'_3 + \frac{1}{2} i'_1 + \frac{1}{2} i'_2 - \frac{\sqrt{3}}{2} i_1 + \frac{\sqrt{3}}{2} i_2 \right) \sin \left( \omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \\ &+ \left( 2 i_3 + \frac{1}{2} i_1 + \frac{1}{2} i_2 + \frac{\sqrt{3}}{2} i'_1 - \frac{\sqrt{3}}{2} i'_2 \right) \cos \left( \omega t - \frac{4\pi}{3} \right). \end{aligned} \right.$$

» Dans chacune de ces trois équations, le terme multiplié par un cosinus représente le triple de l'intensité efficace wattée *fournie* à l'enroulement de jambe correspondant, et le terme multiplié par un sinus représente le triple de l'intensité efficace déwattée *fournie* à ce même enroulement; ces composantes sont wattées et déwattées par rapport à la différence de potentiel correspondante appliquée par enroulement de jambe.

» Dans le cas particulier et fréquent d'un transformateur à trois noyaux juxtaposés avec axes dans un même plan, on peut admettre que

$$\begin{aligned} i_1 &= i_3, \\ i'_1 &= i'_3; \end{aligned}$$

posons alors

$$(6) \quad \left\{ \begin{aligned} i_1 &= i_3 = \frac{i_2}{\alpha}, \\ i'_1 &= i'_3 = \frac{i'_2}{\beta}; \end{aligned} \right.$$

nous obtenons

$$(7) \quad \begin{cases} \frac{3j_1}{\sqrt{2}} = \left[ \left( \frac{5}{2} + \frac{\beta}{2} \right) i_1' + \frac{\sqrt{3}}{2} (1 - \alpha) i_1 \right] \sin \omega t \\ \quad + \left[ \left( \frac{5}{2} + \frac{\alpha}{2} \right) i_1 - \frac{\sqrt{3}}{2} (1 - \beta) i_1' \right] \cos \omega t, \\ \frac{3j_2}{\sqrt{2}} = (1 + 2\beta) i_1' \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right) + (1 + 2\alpha) i_1 \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right), \\ \frac{3j_3}{\sqrt{2}} = \left[ \left( \frac{5}{2} + \frac{\beta}{2} \right) i_1' - \frac{\sqrt{3}}{2} (1 - \alpha) i_1 \right] \sin \left( \omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \\ \quad + \left[ \left( \frac{5}{2} + \frac{\alpha}{2} \right) i_1 + \frac{\sqrt{3}}{2} (1 - \beta) i_1' \right] \cos \left( \omega t - \frac{4\pi}{3} \right). \end{cases}$$

» Attribuons aux composantes wattées et déwattées les indices  $w$  et  $d_w$ ; nous avons évidemment, d'après (7),

$$(8) \quad \begin{cases} (j_1)_w = \frac{1}{3} \left[ \left( \frac{5}{2} + \frac{\alpha}{2} \right) i_1 - \frac{\sqrt{3}}{2} (1 - \beta) i_1' \right], \\ (j_2)_w = \frac{1}{3} [(1 + 2\alpha) i_1], \\ (j_3)_w = \frac{1}{3} \left[ \left( \frac{5}{2} + \frac{\alpha}{2} \right) i_1 + \frac{\sqrt{3}}{2} (1 - \beta) i_1' \right]; \end{cases}$$

$$(9) \quad \begin{cases} (j_1)_{d_w} = \frac{1}{3} \left[ \left( \frac{5}{2} + \frac{\beta}{2} \right) i_1' + \frac{\sqrt{3}}{2} (1 - \alpha) i_1 \right], \\ (j_2)_{d_w} = \frac{1}{3} [(1 + 2\beta) i_1'], \\ (j_3)_{d_w} = \frac{1}{3} \left[ \left( \frac{5}{2} + \frac{\beta}{2} \right) i_1' - \frac{\sqrt{3}}{2} (1 - \alpha) i_1 \right]. \end{cases}$$

» Les équations (5) ou (7) nous montrent que les courants wattés et déwattés, pris par chacun des trois enroulements, dépendent des courants wattés et déwattés exigés par les deux autres jambes fer; dans le cas particulier où les jambes fer 1 et 3 sont identiques, l'enroulement 2 seul prend un courant watté et un courant déwatté qui dépendent, uniquement, le premier des pertes, le second des courants déwattés des trois noyaux.

» Les équations simplifiées (8) montrent nettement qu'il y a

échange d'énergie entre les enroulements 3 et 1 ; il y aura restitution d'énergie au réseau par la phase 1 pour

$$(j_1)_w < 0,$$

c'est-à-dire pour

$$(10) \quad \frac{i'_1}{i_1} > \frac{\frac{5}{2} + \frac{\alpha}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}(1-\beta)}.$$

» Dans le cas théorique du transformateur sans pertes,

$$(11) \quad i_1 = i_2 = i_3 = 0.$$

et l'on a

$$(12) \quad \begin{cases} \frac{3j_1}{\sqrt{2}} = \left(\frac{5}{2} + \frac{\beta}{2}\right) i'_1 \sin \omega t - \frac{\sqrt{3}}{2}(1-\beta) i'_1 \cos \omega t, \\ \frac{3j_2}{\sqrt{2}} = (1+2\beta) i'_1 \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right), \\ \frac{3j_3}{\sqrt{2}} = \left(\frac{5}{2} + \frac{\beta}{2}\right) i'_1 \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) + \frac{\sqrt{3}}{2}(1-\beta) i'_1 \cos \left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right). \end{cases}$$

» On voit que, dans ce cas, les valeurs efficaces des courants  $j_1$  et  $j_3$  sont égales entre elles, et que ces courants sont respectivement déphasés du même angle, mais en sens inverse par rapport à une droite déphasée à  $\frac{\pi}{2}$  en arrière de leur différence de potentiel respective par phase. La phase 2 ne prend aucune puissance au réseau, tandis que la phase 3 prend au réseau une certaine puissance qu'elle transmet à la phase 1 et que celle-ci restitue au réseau. Il serait facile de discuter à fond les équations plus générales (5).

» *Couplage triangle des enroulements.* — Dans le cas du couplage triangle, chacun des trois enroulements peut être considéré comme étant alimenté séparément; une solution évidente de la répartition des courants fournis aux enroulements est celle dans laquelle chaque enroulement reçoit strictement le courant déwatté  $i'$  et le courant watté  $i$  exigés par son noyau. Il ne peut d'ailleurs y avoir d'autre solution, car toute modification à la valeur de  $i'$  ou à celle de  $i$ , ainsi déterminée pour l'un des enroulements, entraînerait une modification identique sur les courants des deux autres

enroulements, afin de conserver la compensation des ampères nécessaires et fournis par circuit magnétique à deux noyaux; ce complément de courant commun aux trois enroulements constituerait un courant de circulation qui ne serait équilibré par rien, puisque la somme des forces électromotrices est nulle dans le triangle; ce courant de circulation ne peut donc exister. Par conséquent, *dans le couplage en triangle, chaque enroulement prend strictement au réseau le courant dévatté et le courant watté nécessaire à son noyau.*

» *Couplage étoile avec fil neutre.* — Chaque enroulement pouvant encore ici être considéré comme alimenté séparément, nous avons encore cette solution immédiate dans laquelle chaque enroulement alimente strictement son noyau.

» III. TRANSFORMATEUR DIPHASÉ A TROIS NOYAUX A VIDE. — Ce qui suit s'applique à la fois au transformateur diphasé et à l'électro diphasé à trois noyaux; nous suivrons une marche analogue à celle suivie pour le transformateur triphasé.

» Considérons (*fig. 1*) un transformateur diphasé à trois noyaux 1,

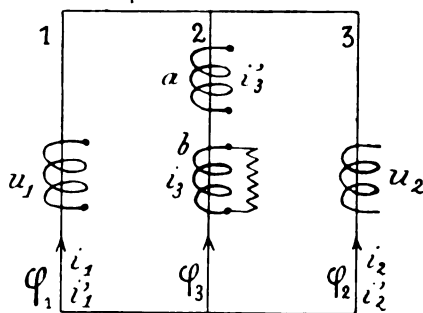


Fig. 1.

2, 3; les deux noyaux extrêmes 1 et 2 sont seuls bobinés et chacun des enroulements est alimenté par une des phases d'une source diphasée; supposons pour simplifier que les deux enroulements aient même nombre de spires  $n$ ; que les différences de potentiel à leurs bornes,

$$(1) \quad u_1 = U \cos \omega t,$$

$$(2) \quad u_2 = U \cos \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right),$$

aient même valeur efficace  $\frac{U}{\sqrt{2}}$ . Les flux

$$(3) \quad \varphi_1 = \Phi \sin \omega t,$$

$$(4) \quad \varphi_2 = \Phi \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

sont alors déterminés; et si nous comptons les trois flux positivement dans le sens des flèches, nous pouvons établir le diagramme des flux (*fig. 2*) : le flux  $\varphi_2$  est égal à  $\varphi_1$  et phasé à  $\frac{\pi}{2}$  en arrière de

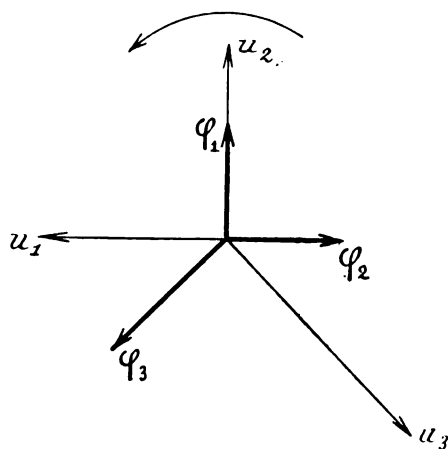


Fig. 2.

lui; le flux  $\varphi_3$  est égal à la résultante de  $\varphi_1$  et  $\varphi_2$ , mais de sens contraire. Les différences de potentiel  $u_1$  et  $u_2$  sont phasées à  $\frac{\pi}{2}$  en avant de  $\varphi_1$  et  $\varphi_2$  respectivement; et si l'on suppose, disposé sur la jambe 3, un enroulement fictif, de  $n$  spires également et capable d'engendrer le flux  $\varphi_3$ , la différence de potentiel fictive qui l'alimenterait serait  $u_3$ , phasée à  $\frac{\pi}{2}$  en avant de  $\varphi_3$  et égale en grandeur à  $\sqrt{2}$  fois l'un des vecteurs  $u_1$  ou  $u_2$ .

» Les courants déwattés  $i'_1$  et  $i'_2$  exigés par chacun des noyaux s'obtiennent en divisant les ampères-tours exigés correspondants par le nombre de spires  $n$ . Le courant déwatté  $i'_3$  exigé par le noyau 3 sera utilisé lorsque l'on considérera l'un des circuits magnétiques fermés soit I-II, soit I-III; on l'obtiendra en divisant les ampères-tours exigés par le noyau 3 par le nombre de spires de

l'enroulement porté par l'autre noyau et qui est ici toujours égal à  $n$ . Ces trois courants sont en phase avec les flux correspondants (fig. 3).

» Les courants wattés exigés  $i_1$  et  $i_2$  s'obtiennent en divisant les

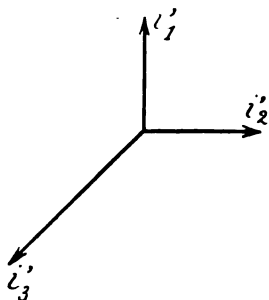


Fig. 3.

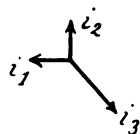


Fig. 3 bis.

watts correspondants nécessaires à l'un des noyaux 1 ou 2 par la différence de potentiel efficace correspondante; quant au courant watté  $i_3$  exigé par le noyau 3, nous le déterminerons chaque fois que l'on considérera un circuit magnétique fermé, en imaginant un bobinage secondaire fictif sans résistance propre, enroulé sur le noyau 3, comportant un nombre de spires égal à celui de l'enroulement réel porté par l'autre noyau du circuit magnétique considéré, et fermé sur une résistance telle que la perte dans cette résistance soit égale à celle  $W_3$  du noyau 3. Le courant  $i_3$  sera égal au courant débité dans cette résistance. Comme ici les nombres de spires des noyaux 1 et 2 sont tous deux égaux à  $n$ , et que le flux

$$(5) \quad (\varphi_3)_{\text{eff.}} = \sqrt{2} (\varphi_1)_{\text{eff.}} = \sqrt{2} (\varphi_2)_{\text{eff.}},$$

la force électromotrice efficace, égale à la différence de potentiel  $(u_3)_{\text{eff.}}$  de l'enroulement fictif, sera

$$(6) \quad (u_3)_{\text{eff.}} = \sqrt{2} (u_1)_{\text{eff.}} = \sqrt{2} (u_2)_{\text{eff.}},$$

et l'on aura

$$(u_3)_{\text{eff.}} i_3 = W_3;$$

d'où

$$(7) \quad i_3 = \frac{W_3}{\sqrt{2} (u_1)_{\text{eff.}}} = \frac{W_3}{\sqrt{2} (u_2)_{\text{eff.}}}.$$

» Les trois courants  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$  sont en phase avec les différences de potentiel correspondantes, y compris celle fictive  $u_3$  (fig. 3 bis).



» Les ampères *exigés* par le circuit magnétique I-III s'obtiennent en ajoutant vectoriellement :  $i'_1$ ,  $i_1$ ,  $-i'_3$  et  $-i_3$  (fig. 4); les ampères

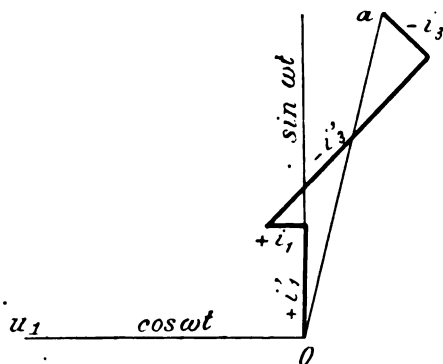


Fig. 4.

résultants, de valeur instantanée  $j_1$ , représentés par le vecteur résultant  $Oa$ , ne peuvent être fournis que par l'enroulement 1, lequel est le seul qui embrasse le circuit I-III; projetons les différents vecteurs composants sur la différence de potentiel  $u_1 = U \cos \omega t$  de cet enroulement et sur la direction perpendiculaire en  $\sin \omega t$ ; nous obtenons

$$(8) \quad \frac{j_1}{\sqrt{2}} = \left( i'_1 + \frac{\sqrt{2}}{2} i'_3 + \frac{\sqrt{2}}{2} i_3 \right) \sin \omega t + \left( i_1 - \frac{\sqrt{2}}{2} i'_3 + \frac{\sqrt{2}}{2} i_3 \right) \cos \omega t.$$

» De même, les ampères exigés par le circuit II-III s'obtiennent en ajoutant vectoriellement :  $i'_2$ ,  $i_2$ ,  $-i'_3$  et  $-i_3$  (fig. 5); la somme,

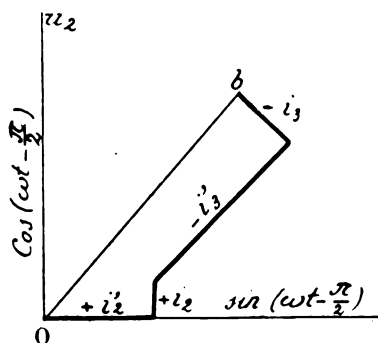


Fig. 5.

de valeur instantanée  $j_2$  et représentée par le vecteur  $Ob$  ne peut être fournie que par l'enroulement 2, et l'on obtient par projections

sur la différence de potentiel  $u_2 = U \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$  et sur la direction perpendiculaire en  $\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$

$$(9) \quad \frac{j_2}{\sqrt{2}} = \left( i_2' + \frac{\sqrt{2}}{2} i_3' - \frac{\sqrt{2}}{2} i_3 \right) \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) + \left( i_2 + \frac{\sqrt{2}}{2} i_3' + \frac{\sqrt{2}}{2} i_3 \right) \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right).$$

» En attribuant aux composantes wattées et déwattées les indices  $w$  et  $dw$ , il vient

$$(10) \quad \begin{cases} (j_1)_w = i_1 - \frac{\sqrt{2}}{2} i_3' + \frac{\sqrt{2}}{2} i_3, \\ (j_2)_w = i_2 + \frac{\sqrt{2}}{2} i_3' + \frac{\sqrt{2}}{2} i_3; \end{cases}$$

$$(11) \quad \begin{cases} (j_1)_{dw} = i_1' + \frac{\sqrt{2}}{2} i_3' + \frac{\sqrt{2}}{2} i_3, \\ (j_2)_{dw} = i_2' + \frac{\sqrt{2}}{2} i_3' - \frac{\sqrt{2}}{2} i_3. \end{cases}$$

» On a en général, très sensiblement,

$$(12) \quad \begin{cases} i_1 = i_2, \\ i_1' = i_2'; \end{cases}$$

dans ce cas, on voit que les courants déwattés (11) ne sont pas très différents l'un de l'autre, à cause de l'importance des courants déwattés exigés par jambe devant les courants wattés. Mais il en est tout autrement des courants wattés (10); l'intensité  $(j_2)_w$  est toujours positive, c'est-à-dire que l'enroulement 2 prend toujours de la puissance au réseau, puissance avec laquelle il fournit les pertes de son noyau, la moitié des pertes du noyau 3 et cède de plus à l'enroulement 1 une puissance égale à  $\frac{\sqrt{2}}{2} i_3' u_{\text{eff}}$ , puissance que cet enroulement 1 utilise avec celle qu'il reçoit du réseau pour fournir les pertes de son noyau et la seconde moitié des pertes du noyau 3. L'enroulement 1 restitue de la puissance au réseau lorsqu'on a

$$(13) \quad \frac{\sqrt{2}}{2} i_3' > i_1 + \frac{\sqrt{2}}{2} i_3,$$

condition de restitution qui est fréquemment remplie.

» Les équations (10) montrent qu'il est possible d'atténuer et même d'annuler la différence entre les valeurs des courants wattés des deux enroulements en diminuant  $i'_3$ , c'est-à-dire en réduisant la réluctance de la jambe médiane 3.

» Il est facile de vérifier, au moyen des équations (9) ou (10) et (11), que les valeurs efficaces des courants  $j_1$  et  $j_2$  sont en général très sensiblement égales.

» Dans le cas purement théorique où les pertes dans les trois noyaux seraient nulles, on aurait

$$(14) \quad i_1 = i_2 = i_3 = 0;$$

$$(15) \quad (j_2)_w = -(j_1)_w = \frac{\sqrt{2}}{2} i'_3;$$

l'enroulement 2 prend alors au réseau une certaine puissance, qui lui est intégralement restituée par l'enroulement 1.

» *Remarque.* — Les deux derniers exemples de répartition de courants que nous venons de traiter reposent sur un théorème qu'il peut être utile de faire ressortir :

» *Dans un circuit magnétique fermé, constitué par la mise en série de plusieurs tronçons qui sont le siège de flux alternatifs quelconques, différents entre eux par l'amplitude et la phase, la résultante des ampères-tours wattés et déwattés nécessaires aux divers tronçons est égale à la résultante des ampères-tours fournis par l'ensemble des enroulements qui embrassent les différents tronçons du circuit magnétique complexe considéré.*

» Ceci est évident pour les ampères-tours *exigés* magnétisants. En ce qui concerne les ampères-tours wattés, correspondant aux pertes, la chose devient également évidente si l'on représente la perte  $\omega$  dans un tronçon quelconque par la perte dans un enroulement fictif sous self embrassant le tronçon, ayant un nombre de spires quelconque et une résistance telle que la perte  $u_{\text{eff}} i_{\text{eff}}$  dans cet enroulement soit égale à  $\omega$ ,

$$u_{\text{eff}} i_{\text{eff}} = \omega.$$

» Si l'on désigne par  $\phi$  la f. e. m. efficace induite par spire dans

l'enroulement sous l'influence du flux alternatif qui traverse le tronçon, on a

$$nvi_{\text{eff}} = w;$$

et l'on en déduit pour la valeur des ampères-tours wattés  $at_w$  correspondant aux pertes  $w$  :

$$at_w = ni_{\text{eff}} = \frac{w}{\nu},$$

valeur indépendante du nombre de spires  $n$  de l'enroulement fictif.

» Il est alors bien évident que ces ampères-tours wattés fictifs, exigés, correspondant aux pertes, doivent trouver leur compensation dans les ampères-tours fournis aux enroulements, tout comme les ampères-tours magnétisants. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Girault de son très intéressant exposé.

La séance est levée à 23 h 10 m.

## RÉSUMÉ DES COMMUNICATIONS ÉTRANGÈRES.

**Le système Thury dans les mines**, par S. F. WALKER (*Inst. Elect. Eng.*, juillet 1913).

Après avoir brièvement rappelé les principaux traits de l'électrification des mines, puis les différents dispositifs qui constituent le système Thury, l'auteur expose les avantages de ce système pour les travaux miniers : simplicité de l'appareillage et souplesse des moteurs capables de fonctionner dans de bonnes conditions sous charge variable et à vitesse variable. Il étudie ensuite les diverses applications du moteur électrique dans les mines. Pour actionner les scies mécaniques, il envisage l'emploi d'un circuit local : un moteur empruntant l'énergie au réseau général à haute tension actionne une génératrice série débitant sur le circuit local qui comprend une ou plusieurs machines. Les démarrages et le réglage de la vitesse des moteurs des scies se fait en déplaçant les balais. Un système analogue serait d'ailleurs utilisable si la distribution générale était polyphasée. Pour la ventilation le moteur série à courant constant permet de fonctionner à un très haut rendement sous des charges très variables ; les compresseurs d'air électriques peuvent être aisément et automatiquement réglés, quel que soit le débit d'air dans le sous-sol, par le simple déplacement des balais. Toutefois il faut observer que les distributions à courant constant étant en général prévues pour 100, 150 ou 200 ampères, l'éclairage et l'alimentation des moteurs au-dessous de 5 chevaux doivent être assurés par une distribution à potentiel constant.

L'auteur décrit ensuite les dispositifs de sécurité et de régulation automatique utilisés dans le système Thury tels qu'il les a vus fonctionner dans le sud de la France, en Suisse et à Willesden en Angleterre.

Le nombre des unités d'une station génératrice à courant constant est déterminé par le fait que sur un seul collecteur on peut prendre une tension de 5000 volts au maximum ; on peut disposer deux collecteurs par machine ce qui fait qu'avec 200 ampères on peut réaliser des unités de 2000 kilowatts qui, accouplées par deux à une même turbine, donnent des groupes de 4000 kilowatts.

Les avantages principaux du système Thury sont les suivants : 1° les machines électriques sont simples et plus aisées à comprendre pour le personnel des mines que les machines à courant triphasé ; 2° on n'a pas à produire une importante quantité de puissance magnétisante ; 3° il n'y a point de pertes dans le diélectrique des câbles, dans les enveloppes et les armatures qui le protègent ; 4° il n'y a point de pertes de puissance dans des transformateurs. L'auteur termine en donnant quelques chiffres montrant que les pertes sont plus faibles dans le cas du courant constant que dans le cas du courant triphasé.

### DISCUSSION.

M. Rutherford estime que, si le système Thury est simple dans son ensemble, les sous-stations comportent des groupes moteurs-générateurs qui demandent une surveillance. Sauf pour la manœuvre des cages, on s'accommode fort bien de moteurs à vitesse

peu variable. Un petit moteur éloigné ne peut être économiquement actionné par le système Thury.

M. Carter craint que les hauts potentiels ne soient un danger très grave. L'ouverture des interrupteurs du système Thury ne serait acceptable que dans les mines où l'on peut admettre les lampes à feu nu. Même, dans ce dernier cas, il serait difficile d'isoler convenablement les machines et de placer les grosses machines d'extraction sur isolateurs.

M. A. N. Moore déclare que les pertes dans une distribution triphasée sont moindres que ne l'affirme M. Walker. Il ne croit guère au bon fonctionnement des grandes dynamos à turbines qu'exigerait le système Thury. Enfin une installation Thury est beaucoup plus coûteuse que ne semble l'indiquer M. Walker.

M. J. L. Wilson constate que le système Thury est employé avec succès par la Metropolitan Electric Supply Co de Londres, mais qu'il convient plutôt aux transports de force à grande distance qu'à la distribution. Si plusieurs mines sont desservies par une même boucle à courant constant, un accident survenu dans l'une d'elles est capable de les arrêter toutes.

M. G. W. Morgan ne croit pas qu'il soit aisé d'installer des moteurs soigneusement isolés du sol dans les mines; il craint la rupture du câble dans la mine même; enfin il lui semble que les petits groupes moteurs-générateurs devraient être multipliés outre mesure.

M. W. A. Chamen admet que les très gros moteurs d'une mine puissent être directement actionnés par une distribution Thury. Il ne croit pas qu'un accident de câble série soit plus grave qu'un accident de câble à potentiel constant, car les deux bouts du câble se mettent au sol. La distribution série à courant constant présente l'avantage qu'on ne peut pas surcharger les moteurs et, lorsqu'ils sont brusquement déchargés, des dispositifs très sûrs de mise en court circuit préviennent l'emballement.

M. G. W. Humphry communique par écrit une étude favorable au système Thury.

M. Walker, au cours de sa réponse aux différentes objections, expose que M. Thury a résolu le problème de la bonne commutation en détournant, sans se servir de pôles spéciaux, un certain nombre de lignes de force qui compensent la tension de réactance (cela se produit par la construction même de la machine). D'ailleurs le courant étant constant, le problème de la commutation est très simplifié.

#### **Condensateur variant suivant une loi de carré, par W. DUDDELL**

(*Inst. Elect. Eng.*, février 1914).

De tels condensateurs sont utiles en télégraphie sans fil. On les réalise très souvent sous forme multicellulaire avec une armature mobile tournante. L'auteur discute les différents profils à donner aux deux armatures pour que la capacité suive une loi de carré quand la rotation suit une loi linéaire. Il donne les constantes d'un condensateur de ce genre qu'il a construit.

#### **La réactance et les bobines de réactance sur les réseaux, par E. P. HOLLIS**

(*Inst. Elect. Eng.*, février 1914).

Dans cette Communication, l'auteur passe en revue le rôle des réactances dans les réseaux de distribution. Un des événements les plus remarquables de l'histoire récente

de l'électrotechnique a été un changement complet de l'opinion des ingénieurs à l'endroit de la réactance. Il n'y a pas bien longtemps qu'on cherchait à l'éviter sous toutes ses formes, mais à présent on lui a trouvé des vertus jusqu'ici insoupçonnées qui, bien utilisées, procurent d'importants avantages sur les réseaux de distribution. En cas de court circuit, seules la self-induction de fuites de l'armature et la résistance du circuit limitent l'intensité, les courants de Foucault et la réaction d'armature n'agissant qu'au bout d'un temps appréciable pour diminuer le courant du court circuit qui, pendant plusieurs secondes, a pu atteindre 20 ou 30 fois le courant de pleine charge. Les bobines de réactance assurent la stabilité de marche des centrales et surtout aident à la marche en parallèle de centrales éloignées en augmentant la composante synchronisante du courant qui circule entre les alternateurs.

Des réactances extérieures constituent une protection pour les machines dans le cas où, étant brûlées ou mises à la masse, elles seraient exposées à recevoir sur leurs bornes toute la puissance du réseau. Les réactances sont employées dans les grands interrupteurs pour couper la charge en deux temps : le premier temps met en série une réactance avec la ligne pour abaisser le courant et une fraction de seconde plus tard le courant résiduel est coupé. On peut, par l'intermédiaire de bobines de self, coupler des alternateurs qui ne sont pas en phase. Ils se synchronisent eux-mêmes aisément. Les bobines de réactance sont également employées dans les dispositifs de démarrage automatique des moteurs synchrones. L'effet salutaire des réactances extérieures aux machines en cas de court circuit a été expérimentalement vérifié à la station de Fisk-Street à Chicago; il faut, pour s'en bien rendre compte, observer que les ravages causés par les courts circuits ne dépendent pas que des machines prises individuellement mais aussi du volant que forment toutes les machines synchrones et asynchrones du réseau. En plaçant des bobines de réactance entre des alternateurs en parallèle dont les neutres sont réunis, on empêche très efficacement la circulation de l'harmonique 3. Le problème de la protection des transformateurs se présente autrement que celui de la protection des génératrices. On a depuis longtemps employé de petites bobines de self pour protéger les transformateurs contre les afflux de courant à haute fréquence venant du dehors, mais comme les transformateurs ont à la fois de la self-induction et de la capacité internes, le courant à haute fréquence peut venir du dedans et alors les bobines de protection ont un effet néfaste.

On ne peut pas, par construction, donner aux transformateurs courants une grande réactance de fuites et pourtant les ingénieurs-conseils, pour différentes raisons, entre autres pour éviter des actions mécaniques trop grandes entre les enroulements en cas de court circuit, ont actuellement tendance à rechercher ce genre de qualité. Or de très grandes actions mécaniques peuvent se produire dans des transformateurs ayant beaucoup de réactance de fuites; aussi est-il préférable de limiter le courant de court circuit par des selfs extérieures sans fer immergées dans l'huile dans le bac même du transformateur. Des selfs placées de loin en loin en dérivation sur une ligne évitent les surtensions au bout de cette ligne et diminuent son courant de charge, ce qui est d'un grand intérêt, car il arrive assez souvent qu'un cinquième de la puissance d'une centrale est utilisé pour produire le courant de charge de la ligne; le rendement de l'installation, quand la puissance à fournir n'est pas grande, tombe alors très bas. On envisage actuellement la création de réseaux à potentiel constant où la tension serait relevée en différents points par des convertisseurs synchrones. Dans un tel réseau le courant à chaque instant va bien d'un point à potentiel élevé à un point où le potentiel est plus bas, ce qui n'empêche pas qu'à cause de la différence de phase la valeur efficace du potentiel au

récepteur peut être plus grande que la valeur efficace du potentiel à la génératrice. Dans de tels réseaux les lignes devraient avoir nécessairement une grande réactance (ce qui incidemment limiterait à une région l'effet des courts circuits). Le rendement des transmissions ne serait pas abaissé par ce dispositif puisque le même travail pourrait, à cause de la tension plus élevée, être effectué avec un moins grand nombre d'ampères.

Les bobines à employer doivent être dépourvues de noyau de fer; outre que celui-ci créerait une perte continuelle d'énergie, il devrait être si gros, pour que la saturation n'ait pas lieu en court circuit, qu'il serait loin d'introduire une économie dans la construction. Les bobines doivent être très solides et très bien isolées. Tantôt les spires sont faites de câble nu, l'air ambiant constituant l'isolement, tantôt elles sont isolées par de la porcelaine. Une coupe de bobine à isolation de porcelaine est donnée à la fin de la Communication.

**Corrosion électrolytique du fer dans le sol**, par B. Mc COLLUM et K. H. LOGAN  
(*Amer. Inst. Elect. Engin.*, juillet 1913).

COMPTE RENDU D'EXPÉRIENCES DE LABORATOIRE.

La méthode employée était généralement la suivante : des anodes de fer, convenablement nettoyées étaient suspendues au milieu de bacs d'étain qui servaient de cathodes; l'espace compris entre l'anode et la cathode était rempli de terre mouillée par de l'eau distillée. A la fin de l'expérience les échantillons étaient lavés et brossés pour en enlever la terre et employés comme cathodes dans une solution d'acide sulfurique à 2 pour 100. On employait une anode inattaquable et la densité de courant était élevée. Après avoir subi ce traitement pendant 10 à 30 minutes les échantillons sortaient de la solution parfaitement propres. On a trouvé que la densité de courant avait un effet marqué sur le « rendement » de la corrosion, c'est-à-dire sur le rapport de la corrosion réelle à la corrosion théorique. Le rendement est en général d'autant plus élevé que la densité de courant est plus basse; la corrosion, dans un cas, a dépassé de 50 pour 100 les prévisions de la loi de Faraday. Ganz avait trouvé des rendements encore plus élevés (500 pour 100), mais en employant de très faibles densités de courant. Le degré d'humidité a aussi un effet marqué; la corrosion est d'autant plus intense que le sol est plus humide. Le rendement est indépendant de la température, du moins dans les limites de variation de la température atmosphérique; la profondeur à laquelle les tubes sont enfouis n'a pas d'importance si la distribution de l'humidité est suffisamment uniforme. La quantité d'oxygène dissous dans l'eau ne semble pas intervenir, mais la corrosion du fer environné de terre est toujours plus intense dans des vases ouverts que dans des vases fermés.

La présence d'un excès d'oxygène affecte les ultimes produits de la corrosion. Si la corrosion est rapide et qu'il y ait peu d'oxygène, l'oxyde magnétique est prépondérant, si la corrosion est lente et l'oxygène abondant, c'est surtout l'oxyde ferrique qui se forme. Ce fait peut donner des indications sur la vitesse à laquelle une corrosion s'est produite. Les différentes espèces de fer ne présentent pas en elles-mêmes de différences caractérisées au point de vue de la corrosion; en pratique, dans le cas de la fonte, ce qui importe c'est la résistance élevée des joints, la résistivité plus élevée du métal et la tendance à se corroder plus régulièrement. Les solutions contenant des alcalis, des chromates, etc. en solution pure tendent à arrêter la corrosion électrolytique, mais dans la terre leur action est en général nulle; il est possible toutefois que les chromates aient quelque influence. Il s'est trouvé que des échantillons du sol prélevés dans beaucoup de régions



des États-Unis furent assez bons et dans les localités où les conditions électrolytiques sont moyennes, il faut s'attendre d'après les résultats obtenus par les auteurs avec les échantillons de terre en question, à un rendement de la corrosion compris entre 50 et 110 pour 100. La variation du rendement n'est affectée par la tension qu'autant que celle-ci modifie la densité de courant elle-même. Cette variation peut être affectée par la formation de couples galvaniques, par l'effet dépolarisant de l'oxygène, par la non uniformité de la corrosion ou par la circulation de l'électrolyte. Les résultats obtenus montrent que le rendement de la corrosion ne change pas à une valeur critique de la tension dans les limites où celle-ci varie dans l'étendue des réseaux de traction, des tensions de 0,1 à 0,6 volt donnent le même rendement que 5 ou 10 volts. La résistance du sol dépend de sa plus ou moins grande humidité, un sol sec est plusieurs centaines de fois plus résistant que quand il est humide. La Communication contient des chiffres montrant les variations produites par l'humidité. Ces variations expliquent pourquoi les chemins suivis par les fuites de courant dans les réseaux de tramways varient avec les saisons; aussi les saisons trop humides et surtout les saisons trop sèches ne conviennent pas au contrôle de la tension du sol ou de la voie. La température influe aussi beaucoup sur la résistance du sol. A la gelée, la résistance est plusieurs fois plus grande qu'en été et, au-dessous du point de gelée, elle augmente soudainement. Les auteurs donnent une Table contenant des chiffres obtenus avec un grand nombre d'échantillons de terre : leur résistance est rapportée au centimètre cube en tenant compte de l'humidité de chacun d'eux. Les auteurs notent que le dommage ne croît pas aussi vite que la chute de tension le long de la ligne de tramway puisque le rendement de la corrosion diminue quand la densité de courant augmente. Ils pensent qu'on ne doit pas frapper de pénalités les pointes de la courbe de charge parce que cette pointe peut être de courte durée et, si le facteur de charge est faible, la pénalité peut être excessive. Le dommage étant proportionnel au courant fuite moyen, la limitation de la chute de tension moyenne serait plus logique.

#### DISCUSSION DE LA COMMUNICATION PRÉCÉDENTE

(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, décembre 1913).

M. J. L. R. Hayden pense que la passivité du fer peut être obtenue en augmentant momentanément la densité du courant. Il émet l'hypothèse que la passivité du fer se produit lorsqu'il est baigné par des électrolytes où les ions négatifs de l'hydrogène ne peuvent subsister.

M. Alexander Maxwell a déterminé expérimentalement la densité de courant par unité de surface dans des cas de corrosion de conduites souterraines; cette densité atteint très rarement dans la pratique celle qui a été employée par les auteurs.

M. D. C. Jackson attire l'attention sur l'importance économique de la question traitée. Il fait observer que la détérioration des canalisations des compagnies gazières peut entraîner pour certaines d'entre elles des dommages atteignant 500 000 fr par an.

M. Hugh. T. Wreaks voudrait qu'on fasse des études sur des tubes émaillés, galvanisés ou munis de protections analogues.

M. Lincoln demande si l'on ne pourrait pas sectionner les conduites d'eau et de gaz en tronçons isolés électriquement.

M. Henry G. Stott croit que l'emploi de feeders de retour permet de supprimer à peu près complètement les phénomènes de corrosion.

M. Ganz fait observer que la corrosion électrolytique suit approximativement la loi

de Faraday c'est-à-dire qu'un ampère-an corrode environ 20 livres (9 kg) de fer. S'il a trouvé des rendements atteignant 500 pour 100, c'était avec des tubes dont la surface n'était pas nettoyée. Il montre ensuite que, dans des cas vraisemblablement très courants, la corrosion peut être très rapide.

M. Burton Mc Collum, en répondant aux observations qui ont été faites, ne se range pas à l'hypothèse de M. J. L. R. Hayden; il estime que les cas de passivité du fer sont beaucoup plus nombreux. Des essais sont faits au Bureau of Standards sur des tubes munis de protections diverses. Ces protections sont peu efficaces : elles concentrent la corrosion en des points déterminés. L'emploi de joints isolants dans les tuyaux serait très dispendieux car ces joints devraient être nombreux, faute de quoi ils seraient soumis à des différences de potentiel notables; ce qui entraînerait la corrosion rapide des parties du tube avoisinantes.

**La saturation des pôles de commutation dans les machines à courant continu,**  
par Harold E. STOKES (*Amer. Ins. Elect. Engin.*, juillet 1913).

Cette Communication attire l'attention sur l'importance de la caractéristique partielle du pôle de commutation, surtout dans les machines destinées à fonctionner sous de fortes surcharges. Cette courbe ne doit pas s'écarter de celle qui donne le flux nécessaire à neutraliser la tension de réactance; du moins, si elle s'en écarte un peu, la partie non annulée de la tension de réactance ne doit pas excéder une certaine valeur fixée par la pratique et qui est en rapport avec la résistance des balais. L'auteur a fait des expériences sur deux machines, hexa et octopolaire. Il décrit incidemment la méthode qu'il a employée pour la mesure des flux sans se servir du galvanomètre balistique : il fait croître suivant une loi connue le courant d'excitation et note les millivolts aux bornes d'un circuit explorateur embrassant le flux à mesurer. Il existe un point où le flux utile (pris au sommet du pôle de commutation) s'inverse par suite de la saturation du pôle, cela se produit en général pour une très forte surcharge. La position de ce point dépend surtout du rapport (pris aux faibles charges) du flux utile du pôle au flux de fuite.

L'auteur essaye d'analyser les fuites magnétiques des machines à pôles de commutation. Les grandeurs des flux de fuite et les chemins qu'ils suivent dépendent des valeurs relatives des ampères-tours des pôles principaux et des pôles de commutation. Aussi la variation des valeurs relatives des ampères-tours des pôles principaux et des pôles de commutation introduisent-elles des erreurs dans les formules données. Pour avoir des formules plus exactes, il faut donner au coefficient de fuites une valeur variable et tenir compte des variations de l'induction de la base au sommet du pôle.

**DISCUSSION DE LA COMMUNICATION PRÉCÉDENTE**  
(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, janvier 1914).

M. H. M. Hobart pense qu'on a abusé des pôles de commutation : s'ils permettent de diminuer le nombre des lames du collecteur, ils augmentent énormément les fuites magnétiques et empêchent la circulation de l'air. Quand on met des pôles de commutation, il faut tâcher de les faire aussi courts que possible dans le sens de l'axe.

M. F. D. Newbury a observé que les machines qui ont la plus petite tension de réactance sont celles qui se comportent le mieux sous de grandes surcharges ou en cas de court circuit.

**Conduite des groupes changeurs de fréquence**, par N. E. FUNK  
(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, juillet 1913).

Un groupe changeur de fréquence est un ensemble de deux machines synchrones accouplées par l'arbre et connectées respectivement à deux réseaux de fréquences différentes. S'il n'y a qu'un seul changeur de fréquence en service entre les deux réseaux, la seule opération consiste à accrocher un moteur synchrone sur un réseau et à faire débiter un alternateur sur l'autre. La seule difficulté est d'ajuster les fréquences des deux systèmes de façon que cette opération soit possible. Les difficultés sont plus grandes quand il y a plusieurs changeurs de fréquence entre les deux réseaux. L'auteur analyse la théorie fondamentale de la marche en parallèle des changeurs de fréquence et considère les différentes conditions de fonctionnement. Il explique comment on peut faire réaliser la synchronisation des changeurs de fréquence par une personne dépourvue de connaissances techniques et termine par des développements et des formules s'appliquant aux phénomènes en question.

**Projets d'essai-type et de spécification pour les isolateurs à haute tension**  
(*Amer. Inst. Elect. Engin.*, juillet 1913).

MM. F. W. PEEK jr, J. A. SANDFORD jr et Percy H. THOMAS présentent chacun un projet en vue de standardiser les essais d'isolateurs à haute tension. Ces projets sont soumis aux observations des membres de l'American Institute of Electrical Engineers en vue de l'élaboration d'un règlement industriel et officiel et d'un type de cahier des charges pour la passation des marchés : Le projet de M. J. A. Sandford a l'intention de résumer les deux autres. Ses grandes lignes sont les suivantes :

*Spécifications générales pour tous les types.* — La forme exacte des isolateurs à fournir doit être déterminée par des dessins, la surveillance en usine par l'acquéreur doit être pratiquée. Il doit être de règle que les arcs à la surface doivent se produire avant la rupture de la porcelaine. Toutes les fois qu'un essai réel relatif à une propriété quelconque ne pourra être réalisé en laboratoire, les déductions théoriques feront loi.

*Parties métalliques.* — Le règlement concerne l'altérabilité et le facteur de sécurité.

*Porcelaine.* — Le règlement concerne la qualité (vitrifiée dans la masse), l'émaillage, l'absorption.

*Ciment d'assemblage.* — Le règlement concerne la qualité.

*Essais électriques.* — L'onde doit être sinusoïdale, la tension doit être réglée par un dispositif potentiométrique. Le règlement proposé fixe la manière de mesurer la tension, la puissance du transformateur, la disposition des objets voisins de la porcelaine, la fréquence (60 périodes); il définit ce qu'on doit considérer comme une rupture, la façon de faire l'essai sous la pluie artificielle.

*Isolateurs sur broche.* — Essais électriques avant et après l'assemblage, essais mécaniques.

*Isolateurs suspendus.* — Mêmes essais.

Enfin dans des cas spéciaux l'auteur propose les essais suivants : 1<sup>o</sup> *essais d'uniformité* sur des disques placés dans l'huile et soumis à une tension suffisante pour provoquer leur rupture; 2<sup>o</sup> *essais de surtension* instantanée; 3<sup>o</sup> *essais de pluie sous différents angles*.

**DISCUSSION DE LA COMMUNICATION PRÉCÉDENTE**  
(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, janvier 1914).

M. F. W. Peek jr déclare que c'est surtout à propos de l'homogénéité qu'il faut se montrer exigeant vis-à-vis des fournisseurs de porcelaine; toutefois il ne faut pas soumettre

les porcelaines en cours de fabrication à des essais capables d'affaiblir leur rigidité électrostatique, ce qui est le cas pour les surtensions brusques; si quelques porcelaines prises dans un lot subissent ce genre d'épreuve, elles ne doivent plus être mises en service par la suite. Les ciments employés pour joindre les pièces doivent être bien exempts d'humidité, autrement des réactions chimiques font gonfler le ciment et déterminent un état de contrainte et même des craquelures dans la porcelaine. M. F. W. Peck jr pense que, dans la spécification à élaborer, il faut tenir compte des possibilités industrielles actuelles. S'il est réellement impossible de produire des porcelaines plus homogènes que celles que fournit couramment l'industrie, le remplacement de la porcelaine par quelque autre matière devra être envisagé.

M. J. A. Sandford jr examine la question au point de vue du fabricant. Les essais doivent porter surtout sur les qualités de l'isolateur terminé. On ne doit pas exiger l'absence complète d'effluves. Il ne faut pas obliger les fabricants de porcelaine à mettre en jeu pour leurs essais des puissances trop grandes ou à posséder un matériel trop dispendieux; enfin les essais ne doivent pas être trop délicats à réaliser.

M. L. C. Nicholson a fait des séries d'essais sur l'effet combiné des contraintes mécaniques et électriques. Sous une charge mécanique croissante et sous tension électrique la porcelaine claque avant que la limite de charge soit atteinte, mais les claquages prématurés sont également obtenus quand la contrainte mécanique n'est pas appliquée en même temps que la contrainte électrique.

Il semble que la rupture se produise par suite d'une détérioration que l'application préalable de la contrainte mécanique aurait fait subir à la porcelaine plutôt que par une combinaison de la contrainte mécanique et de la contrainte électrique agissant ensemble. En général la rupture se produit sans qu'on ait entendu aucun bruit précurseur dans la porcelaine, bruit qui aurait fait croire à l'existence de quelque craquelure interne. La forme des parties métalliques, la forme et la distribution des rainures jouent sans doute un grand rôle dans ces phénomènes. En général, l'isolateur ne claque que quelques secondes après la production de l'arc entre les pièces métalliques.

M. Paul M. Lincoln désire qu'on mette le support au sol, comme cela a lieu dans la réalité, lors des essais d'isolateurs. La forme du champ électrostatique autour des isolateurs joue un rôle et elle n'est pas la même suivant que cette condition est ou non réalisée.

M. H. W. Crozier fait observer que, puisque les charges mécaniques affaiblissent la rigidité diélectrique des isolateurs, il ne faut procéder aux essais mécaniques qu'avec circonspection.

M. L. C. Nicholson pense qu'il faut essayer complètement au point de vue mécanique certains isolateurs qui, comme les isolateurs d'arrêt, sont soumis à des efforts considérables. Ces isolateurs-là sont justement sujets à des accidents nombreux. Les ingénieurs électriciens devraient guider les fabricants de porcelaine en vue des perfectionnements à apporter aux isolateurs.

M. Hugh T. Wrecks fait observer que l'emballage des isolateurs devrait aussi être l'objet de règlements.

M. E. E. F. Creighton souhaite qu'on étudie de très près les ingrédients qui entrent dans la fabrication de la porcelaine. La résistivité pourrait servir à contrôler l'état de vitrification de la porcelaine, car elle diminue régulièrement quand la vitrification augmente. Si les matières qui entrent dans la porcelaine sont bien connues et si la fabrication est bien régulière, les essais ne doivent servir qu'à révéler des défauts grossiers. L'orateur explique pourquoi les isolants claquent dans l'huile plus vite que dans l'air : c'est que

dans l'huile les effluves qui servent en quelque sorte de soupape de sûreté ne peuvent se produire; il doit d'ailleurs se produire aussi des surtensions locales lors des brusques changements de régimes.

M. Ralph. D. Mershon pense que la céramique actuelle est encore empirique et une réunion d'ingénieurs électriciens et de céramistes serait très utile. Dans la porcelaine, la résistance mécanique et la résistance au choc sont loin d'aller toujours de pair. La fabrication des isolateurs de porcelaine présente beaucoup d'aléas pour le constructeur : il est sage de savoir se contenter d'un bon produit moyen mais uniforme. Avant d'élaborer une spécification, il faudrait se procurer des échantillons de diverses provenances et les essayer; ce n'est qu'ensuite qu'il sera possible d'énoncer des spécifications en rapport avec l'état actuel de l'industrie de la porcelaine.

M. E. M. Hewlett attire l'attention sur l'influence de l'altitude qui change la valeur de la tension d'effluves. Les règlements élaborés ne doivent pas intervenir dans les détails de la fabrication, car ce serait infailliblement élever le prix de revient. Dans le cas des très hautes tensions on ne peut imposer à chaque isolateur d'une chaîne de résister à la tension totale comme l'avaient demandé plusieurs orateurs.

M. P. W. Sothmann pense que les essais sous la pluie artificielle ne signifient pas grand'chose et donnent des résultats discordants.

**Effet des charges de glace sur les lignes de transmission, par V. H. GREISSER**  
(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, septembre 1913).

Les fils fixés à des isolateurs à suspension ne maintiennent pas leurs positions relatives aussi exactement que des fils sur isolateurs à broche; cela tient aux déplacements des isolateurs lorsque les brins sont inégalement chargés. Pendant l'hiver, une ligne de transmission de la Washington Water Power Co devint à peu près inutilisable à cause des courts circuits dus aux déplacements des fils qui se trouvaient très inégalement chargés quand la glace se détachait d'une portée avant de se détacher des portées voisines. On a fait sur une ligne d'expérience des essais en vue de déterminer : 1<sup>o</sup> l'influence de la ligne chargée sur l'élasticité du câble; 2<sup>o</sup> l'effet du balancement des isolateurs; 3<sup>o</sup> l'efficacité de l'emploi d'isolateurs fixes à de courts intervalles; 4<sup>o</sup> l'effet combiné de toutes ces conditions. L'auteur décrit la façon dont les essais ont été conduits; les résultats sont figurés sur des graphiques.

La longueur des chaînes isolantes produit des augmentations de flèche; aussi devrait-on essayer de raccourcir ces chaînes le plus possible, surtout dans les lignes à très haute tension où cette longueur des chaînes tend, avec la légèreté des conducteurs, à aggraver ces effets. Dans l'étude des lignes de transmissions avec longues portées et isolateurs suspendus, il y a lieu, si l'on désire un service régulier et de faibles frais d'entretien, de disposer les câbles de façon à éviter les accidents signalés ci-dessus, surtout dans les régions exposées au vent.

**Exploitation des forêts par l'électricité, par E. J. BARRY**  
(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, septembre 1913).

Cette Communication décrit les machines électriques employées dans une exploitation forestière de l'Idaho et donne les résultats des essais de ces machines. Le transport du

bois se fait par câble aérien dit *skyline* particulièrement bien adapté aux régions montagneuses; les troncs sont transportés de façon qu'une seule de leurs extrémités traîne par terre, ce qui facilite le passage des obstacles et évite que des pierres et du gravier, s'incrustant dans le bois, ne viennent détériorer les scies.

L'économie réalisée sur l'exploitation par la vapeur est au moins de 50 cents (2,60 fr) par 1000 pieds (304,8 m) de distance et par bûche. L'emploi de l'électricité a en outre divers avantages secondaires (chances d'incendie à peu près nulles, personnel moins nombreux, point de chaudières gelées l'hiver, moindres frais d'entretien, pas de danger d'explosion); enfin les difficultés souvent grandes de l'approvisionnement en eau sont supprimées.

**Spécification pour le caoutchouc** (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, janvier 1914).

Rapport élaboré par une Commission mixte de fabricants et d'acquéreurs de composés du caoutchouc. (Ne peut être utilement analysé.)

**Conférence sur l'incinération des déchets ménagers, l'utilisation de la chaleur dégagée pour la production de l'énergie électrique et, subsidiairement, l'utilisation des cendres et l'épuration des fumées**, par TOBIANSKY D'ALTOFF (*Société belge d'Électriciens*, séance du 19 février 1914).

Le conférencier, critiquant les façons actuelles de se débarrasser des immondices, vraiment trop sommaires quand elles ne sont pas d'un parfait sans gêne vis-à-vis des voisins, en tous cas toujours nuisibles à la santé publique, montre, d'après la composition moyenne de ces détritux variés dans lesquels on trouve de tout, l'intérêt économique que peut présenter leur incinération : 25 pour 100 sont combustibles. La quantité d'humidité qu'ils contiennent varie beaucoup suivant les saisons : elle exige une dessiccation préalable. Mais, même desséchée, il ne faut pas se dissimuler que la matière combustible ainsi composée ne peut être comparée qu'à une très mauvaise tourbe, sa capacité calorifique ne dépassant pas 1000 ou tout au plus 1200 calories par kilogramme.

L'orateur décrit, avec projections lumineuses à l'appui, les divers fours en fonctionnement en Belgique, indique leurs défauts et montre comment il a cherché à éviter ceux-ci.

Les caractéristiques du four qu'il a imaginé peuvent se résumer comme suit : *desséchage préalable* des détritux, *incinération à température modérée*, travail relativement facile à la grille la *chaleur n'incommodant pas l'ouvrier*, évacuation des cendres *sans poussières*, parcours rationnel de la matière qui, dès son chargement, est *aidée par la gravité dans sa progression*. Enfin, un ventilateur, placé près de la cheminée, aspire tous les gaz, de manière à *régler la combustion* d'une part et *empêcher la propagation des mauvaises odeurs dans l'usine* d'autre part.

Il termine en montrant les avantages pécuniaires que peuvent retirer les pouvoirs publics de l'incinération des immondices.



## BIBLIOGRAPHIE.

---

**Berechnung von Wechselstrom-Fernleitungen**, von Dr C. BREITFELD. — Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1912; 1 vol. in-8 (fig.). (Fasc. 17 de la Collection « Elektrotechnik in Einzel-Darstellungen ».)

Cet opuscule est le dix-septième d'une série ayant pour titre : *Elektrotechnik in Einzel-Darstellungen*, publication analogue à nos Encyclopédies.

L'auteur traite d'une façon très savante le calcul de lignes à courant monophasé d'abord, à courant triphasé ensuite. Il prend le problème dans le cas général où la capacité est uniformément répartie tout le long du câble. Des exemples permettent de suivre l'application de la méthode.

Un certain nombre de Chapitres sont consacrés à l'étude graphique des impédances du câble à vide et en court circuit, et à la détermination du rendement maximum de la ligne.

Le dernier Chapitre traite du calcul de la ligne d'une façon approchée en supposant la capacité non uniformément répartie, mais distribuée sur deux conducteurs identiques placés aux deux extrémités de la ligne.

**Traction électrique par courants continus**, par L. BARBILLION. — Paris, L. Geisler, 1913; 1 vol. in-8 broché. (Paru dans la Collection : *Encyclopédie électrotechnique*.)

Cet Ouvrage est le résumé de leçons faites à l'Institut électrotechnique de Grenoble. Il renferme, sous une forme concise, les données essentielles sur la partie descriptive de l'importante question de la traction électrique. Il débute par des notions générales relatives à l'installation d'une voie ferrée, et d'autres d'ordre électrique, sur le fonctionnement des moteurs et des générateurs. Le tracé et l'équipement des voies, le matériel roulant, la construction des moteurs, leur suspension et leur régulation, l'alimentation par lignes aériennes ou souterraines, le freinage des voitures, les applications de la traction électrique aux chemins de fer de montagne, telles sont les différentes parties traitées successivement par l'auteur. Cet Ouvrage rendra de grands services à tous ceux qu'intéresse l'état actuel de la traction électrique.

**Traction électrique par courants alternatifs**, par L. BARBILLION. — Paris, L. Geisler, 1913; 1 vol. in-8, broché. (Paru dans la Collection : *Encyclopédie électrotechnique*.)

C'est la suite de l'étude que l'auteur consacre à la traction par courant continu. Le début comporte un exposé de la comparaison au point de vue économique de la traction par courant alternatif et par courant continu, et des généralités sur les divers modes et moteurs de traction par courant alternatif. L'auteur passe ensuite en revue différentes installations triphasées et monophasées. Cet Ouvrage constitue avec le premier une étude très complète de la traction électrique.

**Propagation des courants électriques dans les conducteurs télégraphiques et téléphoniques,** par FLEMING; traduit par RAVUT. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 vol. in-8, broché (*Bibliothèque des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*).

Cet Ouvrage, traduit de l'anglais, est la reproduction des notes que l'auteur avait préparées en vue de conférences données à l'Université de Londres. Il constitue une étude très approfondie sur la propagation des courants électriques dans les câbles télégraphiques et téléphoniques, et sur les mesures électriques relatives aux câbles. Il réunit tous les matériaux dispersés jusqu'alors dans les revues et journaux, et met à la portée des ingénieurs praticiens des questions qui, pour être étudiées dans les œuvres originales, exigent des connaissances mathématiques très spéciales. L'auteur donne en effet tout d'abord une introduction mathématique permettant d'acquérir facilement une connaissance pratique des opérations et des méthodes de calcul employées. L'étude mathématique est d'autre part présentée sous forme simple et la théorie est illustrée par de nombreux exemples pratiques.

**La télégraphie et la téléphonie simultanées et la téléphonie multiple,** par K. BERGER; traduit par P. LE NORMAND. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 vol. in-8, broché (111 fig.) (*Bibliothèque des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*).

Cet Ouvrage, traduit de l'allemand, est une étude approfondie de la question de l'utilisation des lignes simultanément pour la télégraphie et la téléphonie, ou pour plusieurs conversations téléphoniques. Ces problèmes, posés par des considérations scientifiques dans le premier cas, par des raisons économiques dans le second, ont reçu différentes solutions, exposées en détail par l'auteur. Il étudie les deux méthodes possibles pour la télégraphie et la téléphonie simultanées : la téléphonie sur lignes télégraphiques, généralement à un seul conducteur, avec retour par la terre; la télégraphie sur lignes téléphoniques, à deux conducteurs. Dans cette partie de l'Ouvrage, comme dans celle qui est consacrée à la téléphonie multiple, il est fait une place à la question historique, aux principes scientifiques et aux détails techniques et pratiques. C'est un livre qui sera lu avec fruit par beaucoup d'électriciens.

**La théorie des ions et l'électrolyse,** par A. HOLLARD. 2<sup>e</sup> édition entièrement refondue. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 vol. in-8 (*Bibliothèque générale des Sciences*).

« L'ion, dit l'auteur, a un caractère spécifique qu'on retrouve partout, dans le pouvoir rotatoire, dans le pouvoir réfringent moléculaire, dans la constructibilité, dans les réactions analytiques, dans les évaluations cryoscopiques et ébullioscopiques. Une interprétation aussi générale des phénomènes de la nature donne à la théorie des ions une valeur de premier ordre ».

Dans ce Volume, M. Hollard fait un exposé élémentaire de cette théorie, envisagée surtout au point de vue de l'interprétation des phénomènes électrolytiques en solution aqueuse, et de l'analyse chimique.

Dans une première Partie, il montre comment les analogies entre les corps dissous et les gaz ont conduit aux idées actuelles sur la constitution des électrolytes. Il étudie ensuite successivement l'influence des deux facteurs de l'énergie électrique : la quantité



d'électricité et la tension. A l'influence du premier facteur se rattachent des lois qui relient la conductibilité des électrolytes au degré de dissociation, à la charge et à la vitesse des ions.

Quelques mots sur la quantité d'énergie mise en jeu dans l'électrolyse et diverses notes, dont une sur l'électrolyse par courants alternatifs, terminent cet exposé très précis et très intéressant.

**Transport de force. Calculs techniques et économiques des lignes de transport de force et de distribution d'énergie électrique**, par C. LE ROY. Paris, A. Hermann et fils, 1913; 2 vol. in-8.

L'auteur s'est proposé de présenter d'une façon assez complète et cependant élémentaire les méthodes de calcul technique et économique des lignes de transport et de distribution par courants alternatifs.

Il ramène les considérations qui déterminent le choix de la section des conducteurs à trois règles : la règle de sécurité (résistance à la rupture et échauffement), la règle de bon service (régularité et stabilité) et la règle d'économie (règle de Lord Kelvin). La première exige la connaissance des intensités, la seconde celle des tensions, la troisième celle des puissances perdues.

L'auteur est donc conduit à étudier en détail les constantes de la ligne permettant de calculer ces quantités en chaque point, c'est-à-dire la résistance, l'inductance, la capacitance et la perditançe (ou conductance de perte). Suivant les cas, on peut négliger une ou plusieurs de ces constantes dans le calcul de la ligne.

L'Ouvrage contient de nombreux exemples numériques appliqués à tous les cas, et des abaques permettant le calcul des constantes indiquées plus haut. Il rendra de grands services aux ingénieurs chargés de faire des projets de transport de force.

**Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'année 1914.** Paris, Gauthier-Villars; 1 vol.

Ce Recueil a été entièrement remis à jour en ce qui concerne les tableaux relatifs à la Physique et à la Chimie, afin de le mettre en harmonie avec le *Recueil des Constantes physiques*, publié en 1913, et la dernière édition des *Physikalisch-chemische Tabellen*.

Outre les données habituelles et les constantes usuelles, il contient divers articles fort intéressants dus à MM. H. Deslandres, G. Bigourdan, D. Berthelot, G. Lippmann, etc., ainsi que les trois Notices suivantes qui sont à signaler : *De la déformation des images dans les lunettes*, par M. P. Hatt; *Le jour et ses divisions. Les fuseaux horaires et l'Association internationale de l'heure*, par M. G. Bigourdan; *Sur la 17<sup>e</sup> Conférence de l'Association géodésique internationale*, par M. B. Baillaud.

**L'année électrique, électrothérapique et radiographique**, par le Dr Foveau de Courmelles. Paris, Librairie polytechnique Ch. Béranger; 1 vol.

La *Quatorzième année électrique* du Dr F. de Courmelles vient de paraître : Elle met en relief au point de vue médical, plus spécialement, les progrès et les perfectionnements des applications de l'électricité, qui se sont produits au cours de 1913.

## LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

( Suite )

---

La Bibliothèque est ouverte aux Membres de la Société, tous les jours  
de 3 heures à 6 heures, excepté les dimanches et jours de fêtes,  
12, rue de Staël.

---

### France.

*Année (L') électrique, électrothérapique et radiographique.* Revue annuelle  
des progrès électriques en 1913, par le Dr FOYEAU DE COURMELLES (14<sup>e</sup> année).

Paris, Ch. Béranger, 1914; 1 vol. in-16, broché. (*Don de l'éditeur.*)

*Annuaire pour l'an 1914*, publié par le Bureau des Longitudes. Avec des  
Notices scientifiques. Paris, Gauthier-Villars, 1914; 1 vol. in-16. (*Don de  
l'éditeur.*)

*Machines (Les) à vapeur*, par le commandant F. CORDIER, Doin et fils, 1914;  
1 vol. in-8, cartonné toile (Encyclopédie scientifique). (*Don des éditeurs.*)

*Télégraphie (La) sans fil et la Loi*, par A. PERRET-MAISONNEUVE. Préface de  
M. le Professeur BRANLY. Avant-propos de M. DALIMIER. Paris, H. Deforges,  
1914; 1 vol. in-8, broché. (*Don de l'éditeur.*)

---

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

# ÉLECTRICIENS.

---

## SOMMAIRE.

Compte rendu de la réunion mensuelle du 4 mars 1914 : Admission de Membres titulaires, p. 270. — Don à l'École, p. 270. — Membres décédés, p. 270. — Modifications aux articles 1 et 9 du Règlement intérieur, p. 271. — Liste des candidats pour les élections au Comité d'Administration, p. 272. — La mesure des puissances réelles et réactives dans les réseaux polyphasés (M. **Pestarin**), p. 273. — Observations (MM. **Masson**, **Defert**, **Pestarin**), p. 288. — Sur les progrès probables dans la réception des ondes faibles en T. S. F. à longue portée (M. **Abraham**), p. 295. — Observations (MM. **Jacquin**, **Parodi** et **Abraham**), p. 303. — Contribution à la production des champs magnétiques élevés ou étendus (M. **Perot**), p. 307. — Les génératrices polyphasées à collecteur à grande vitesse et à basse fréquence (M. **Verdurand**), p. 313.

RÉSUMÉ DES COMMUNICATIONS ÉTRANGÈRES, p. 327.

BIBLIOGRAPHIE, p. 339.

IL Y A 30 ANS, p. 340.

---

## COMPTE RENDU

DE LA

## RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 4 mars 1914 <sup>(1)</sup>.

---

PRÉSIDENCE DE M. D. BERTHELOT.

La séance est ouverte à 20 h 35 m.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

---

(<sup>1</sup>) La Société n'est pas solidaire des questions émises par ses Membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

Il est donné connaissance d'un don pour l'École et des demandes d'admission suivantes :

- Chalbos** (J.), Ingénieur, 23, avenue de la Gare, à Belfort (Haut-Rhin). — Présenté par MM. Mathon et Robert.
- Darfeuille** (Maurice), Directeur de la succursale à Lyon de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs et Matériel d'usines, 248, avenue de Saxe, à Lyon (Rhône). — Présenté par MM. Brocq et Jaulin.
- Donval** (Yves-Victor-Marie), Lieutenant de vaisseau, adjoint pour la T.S.F. à l'Inspecteur des sémaphores du 1<sup>er</sup> arrondissement, à Cherbourg (Manche). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Garbani** (Louis-Joseph), Directeur de la Filiale de Paris de la Société anonyme C.G.S. pour Instruments électriques, 25, rue Pasquier, à Paris. — Présenté par MM. Grosselin et Bitterli.
- Lecointre** (André-Eugène-Jean), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 147, rue Jean-Cécille, à Sotteville-lès-Rouen (Seine-Inférieure). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Le Gallou** (Yves-Marie), Mécanicien principal de la Marine, 8, rue Edme-Guillout, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Martin-Saxton** (Charles Hippolyte-Alexis), Chef du Laboratoire à la Compagnie lorraine d'Électricité, 48, rue du Cardinal-Mathieu, à Nancy (Meurthe-et-Moselle). — Présenté par MM. Dupuy et Maillat.
- Néron de Surgy** (Paul-Charles-Hervé), Ingénieur au Bureau de Calcul de la Compagnie générale d'Électricité de Creil, 117, rue Pelleport, à Paris. — Présenté par MM. Gautharaud et Sternberg.
- Ourson** (Henri-Marie), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Professeur de Physique à l'École nationale des Ponts et Chaussées, 6, rue Gérard-Millot, à Troyes (Aube). — Présenté par MM. Blondel et G. Cordier.
- Sainte-Claire Deville** (Charles-Henri-Jean), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 14, rue Hoche, à Versailles (Seine-et-Oise). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Satre** (Louis), Sapeur télégraphiste à la 2<sup>e</sup> Compagnie du 8<sup>e</sup> Génie, au Mont Valérien, Suresnes (Seine). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Serveau** (Charles-Henri), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 181, rue de Vaugirard, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Toulon** (André), ancien Élève de l'École Polytechnique, Élève à l'École supérieure d'Électricité, 106 bis, rue de Rennes, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Versel** (Ferdinand), Ingénieur à la Société des Mines de Blanzv, à Monceau-les-Mines (Saône-et-Loire). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Ces candidats sont élus membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

Des remerciements sont adressés à M. *Grosselin* pour un don de 100 fr qu'il a fait à l'École.

M. le PRÉSIDENT fait part du décès de MM. *Blazy*, *Desfontaines* et *Delhumeau*; il en exprime les regrets de la Société.

M. le PRÉSIDENT donne lecture de la résolution suivante arrêtée par le Comité d'Administration dans sa séance du 25 février 1914 et qui sera soumise à l'approbation de l'Assemblée générale du 1<sup>er</sup> avril 1914 :

### PROPOSITION I.

Le texte des Articles 1 et 9 du Règlement intérieur est modifié de la manière suivante :

#### ARTICLE PREMIER.

Le montant de la cotisation annuelle est fixé à 25 fr.

#### ARTICLE 9.

Les Membres peuvent se libérer de toute cotisation moyennant le paiement d'une somme de 360 fr, effectué soit en un versement, soit en deux versements annuels de 180 fr. pendant deux années consécutives, soit en trois versements annuels de 120 fr. pendant trois années consécutives.

Dans le cas où ils cesseraient de faire partie de la Société avant le versement de la totalité des annuités précédemment indiquées, les versements effectués demeureraient acquis à la Société.

### PROPOSITION II.

La modification ci-dessus de l'Article 1 du Règlement intérieur entrera en vigueur à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1915.

La modification à l'Article 9 entrera en vigueur immédiatement.

**LISTE DES CANDIDATS POUR LES ÉLECTIONS AU COMITÉ D'ADMINISTRATION.**

**PRÉSIDENT**

*pour l'exercice 1915-1916 :*

**MM.**

**Poincaré (L.)**, Directeur de l'Enseignement secondaire.

**VICE-PRÉSIDENTS :**

**Bélugou (V.)**, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

**Guilbert (C.)**, Ingénieur-Électricien.

**SECRÉTAIRES :**

**Iliovici (A.)**, Secrétaire technique de la Compagnie française des Perles électriques Weissmann.

**Leblanc fils (Maurice)**, Directeur de l'Usine de la Westinghouse Cooper Hewitt.

**MEMBRES :**

**Broglie (M. de)**, Secrétaire général de la *Société française de Physique*.

**Bureau (H.)**, Chef de travaux au Laboratoire central d'Électricité.

**Chaumat (H.)**, Sous-Directeur de l'École supérieure d'Électricité.

**Desombre (P.)**, Administrateur délégué de la *Compagnie électro-mécanique*.

**Dumont (Eug.)**, Fondé de pouvoirs de la *Société française des câbles électriques*.

**Ferrié (G.)**, Chef de bataillon du Génie.

**Girousse (G.)**, Ingénieur des Télégraphes.

**Gorce (de la)**, Chef de travaux au Laboratoire central d'Électricité.

**Gratzmuller (L.)**, Ingénieur-Conseil.

**Henrard (G.)** Administrateur-Directeur de la *Société lyonnaise des forces motrices du Rhône*.

**Larnaude (A.)**, Ingénieur des Arts et Manufactures.

**Léauté (A.)**, Répétiteur de Physique à l'École Polytechnique.

**Liénard (A.)**, Ingénieur en chef des Mines.

**Marchena (de)**, Ingénieur en chef de la *Compagnie Thomson-Houston*.

**Parodi (H.)**, Ingénieur chef des Services électriques du matériel et de la traction de la Compagnie d'Orléans.

**Pirani (E.)**, Fondé de pouvoirs de la *Société alsacienne de constructions mécaniques*.

**Robin (F.)**, Ingénieur-Conseil.

**Sartiaux (Eug.)**, Ingénieur chef des Services électriques au Chemin de fer du Nord.

**Vautier (Th.)**, Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.

**COMMISSION DES COMPTES POUR 1914 :**

**Cellerier (J.)**, Directeur du Laboratoire d'essais au Conservatoire national des Arts et Métiers.

**Dehenne (G.)**, Ingénieur en chef aux Établissements Harlé et C<sup>ie</sup>.

**Mazen (A.)**, Ingénieur en chef des Chemins de fer de l'État.

**LA MESURE DES PUISSANCES RÉELLES ET RÉACTIVES  
DANS LES RÉSEAUX POLYPHASÉS.**

M. PESTARINI. — « Messieurs, je vais énoncer un théorème sur les puissances dans un réseau électrique quelconque.

» Pour la clarté et la brièveté de l'exposé qui suit, je me servirai de certains noms et signes symboliques que je définirai immédiatement.

» Considérons un courant  $i$  et une tension  $e$  alternatifs quelconques de même périodicité

$$\begin{aligned} e &= E_1 \sin(\omega t - \varphi_1) + E_2 \sin(2\omega t - \varphi_2) + E_3 \sin(3\omega t - \varphi_3) + \dots, \\ i &= I_1 \sin(\omega t - \gamma_1) + I_2 \sin(2\omega t - \gamma_2) + I_3 \sin(3\omega t - \gamma_3) + \dots; \end{aligned}$$

considérons la somme

$$\begin{aligned} P_\theta &= \frac{I_1 E_1}{2} \cos(\varphi_1 - \gamma_1 - \theta) + \frac{I_2 E_2}{2} \cos(\varphi_2 - \gamma_2 - \theta) \\ &\quad + \frac{I_3 E_3}{2} \cos(\varphi_3 - \gamma_3 - \theta) + \dots, \end{aligned}$$

où  $\theta$  est un angle arbitrairement choisi, et appelons cette somme « puissance au décalage  $\theta$  ».

» Pour  $\theta = 0$ , cette puissance est la puissance réelle.

» Pour  $\theta = 90$ , cette puissance est la puissance réactive ou magnétisante.

» Appelons encore « wattmètre au décalage  $\theta$  » un wattmètre mesurant la puissance au décalage  $\theta$ .

» Ceci étant, j'énonce le théorème suivant :

*La puissance au décalage  $\theta$  dans un réseau quelconque est égale à la somme algébrique des puissances indiquées par autant de wattmètres au décalage  $\theta$ , qu'il y a de lignes d'alimentation du réseau, chaque wattmètre au décalage  $\theta$  étant parcouru par le courant d'une ligne d'alimentation et soumis à la différence de potentiel entre le point d'alimentation correspondant et un point quelconque de l'espace,  $p$ , le même pour tous les wattmètres:*

» Le nombre de lectures ainsi faites est, en général, égal au nombre des lignes d'alimentation. En particulier, si le point  $p$  est un point d'alimentation du réseau, le nombre de lectures nécessaires est égal au nombre de lignes d'alimentation moins 1.

» Pour la démonstration de ce théorème, je supposerai tout d'abord tous les voltages et courants sinusoïdaux, et je considérerai successivement trois cas :

» *Premier cas.* — Le schéma du réseau est un polygone fermé.

» Soit (fig. 1) A, B, C, ..., M, N le schéma du réseau alimenté

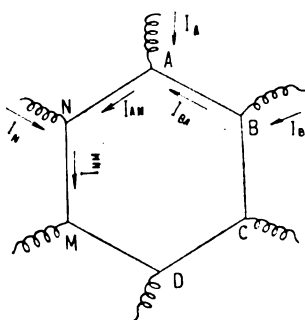


Fig. 1.

à chacun de ses sommets. Sur ce schéma, j'ai porté le nom et la direction positive des courants.

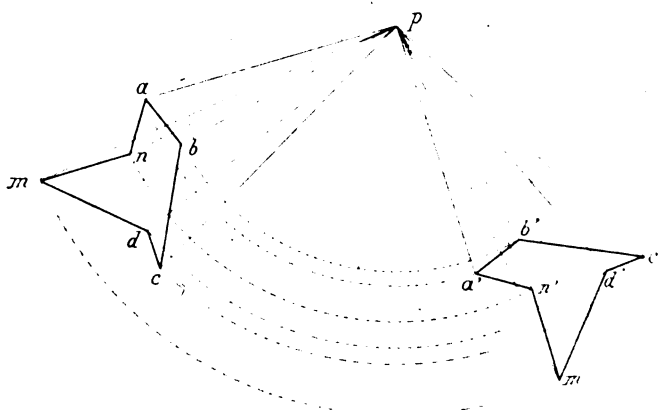


Fig. 2.

» Soient (fig. 2)  $a, b, c, \dots, m, n$ , en coordonnées rectilignes les potentiels des sommets A, B, C, ..., M, N. Ces potentiels cons-



tituent un polygone quelconque. Soit  $p$  le potentiel du point de l'espace arbitrairement choisi.

» Faisons tourner la figure  $a, b, c, \dots, m, n$ , autour du point  $p$  d'un angle  $\theta$  et soit  $a', b', c', \dots, m', n'$  la figure obtenue. Toutes les lignes homonymes, soit polygonales, soit radiales, font entre elles un angle  $\theta$ .

» Dans ce qui suit, je symboliserai l'indication d'un wattmètre à *puissance réelle* parcouru par le courant maximum  $I_e$  et soumis à la tension maximum  $V_m$  par le signe

$$\boxed{I_e V_m}.$$

» Ceci étant, j'ai

$$\begin{aligned}\boxed{I_A V_{a'p}} &= \boxed{I_{AN} V_{a'p}} + \dots + \boxed{I_{AB} V_{a'p}} \quad (1), \\ \boxed{I_B V_{b'p}} &= \boxed{I_{BA} V_{b'a'}} + \boxed{I_{BA} V_{a'p}} + \boxed{I_{BC} V_{b'p}} \quad (2), \\ \boxed{I_C V_{c'p}} &= \boxed{I_{CB} V_{c'b'}} + \boxed{I_{CB} V_{b'a'}} + \boxed{I_{CD} V_{c'p}}, \\ &\dots\dots\dots \\ \boxed{I_N V_{n'p}} &= \boxed{I_{NM} V_{n'm'}} + \boxed{I_{NM} V_{m'p}} + \boxed{I_{NA} V_{n'p}}.\end{aligned}$$

» Faisons la somme des membres du même côté, nous aurons

$$\sum \boxed{I_L V_{l'p}} = \boxed{I_{BA} V_{b'a'}} + \boxed{I_{CD} V_{c'b'}} + \dots + \boxed{I_{NM} V_{n'm'}} + \boxed{I_{AN} V_{a'p}} + \boxed{I_{NA} V_{n'p}}.$$

» En effet, tous les autres termes des seconds membres disparaissent deux par deux; par exemple, j'ai

$$\boxed{I_{AB} V_{a'p}} + \boxed{I_{BA} V_{a'p}} = 0.$$

» Or, d'autre part, j'ai

$$\boxed{I_{AN} V_{a'p}} + \boxed{I_{NA} V_{n'p}} = \boxed{I_{NA} V_{pa'}} + \boxed{I_{NA} V_{n'p}} = \boxed{I_{NA} V_{n'a'}} \quad (3).$$

» Donc j'ai

$$\sum \boxed{I_L V_{l'p}} = \sum \boxed{I_{NM} V_{n'm'}}.$$

(1) Car l'intensité  $I_A$  est la somme géométrique des intensités  $I_{AN}$  et  $I_{AB}$  (voir la fig. 1).

(2) Car l'intensité  $I_B$  est la somme géométrique des intensités  $I_{BA}$  et  $I_{BC}$  (voir la fig. 1), et, de plus, la tension  $V_{b'p}$  est la somme géométrique des tensions  $V_{b'a'}$  et  $V_{a'p}$  (voir la fig. 2).

(3) Car la tension  $V_{n'a'}$  est la somme géométrique des tensions  $V_{pa'}$  et  $V_{n'p}$ .

» Dans cette équation, le premier membre est la somme des indications d'un wattmètre ordinaire (au décalage 0) parcouru par le courant de la ligne d'alimentation et soumis à une tension égale à la différence de potentiel entre un point d'alimentation et le point choisi  $p$ , mais décalée dans le temps de l'angle  $\theta$ . Ce sont là, d'après la définition, les indications d'un wattmètre au décalage  $\theta$  soumis à la différence de potentiel entre le point d'alimentation considéré et le point choisi  $p$ .

» Le second membre est la somme des puissances au décalage  $\theta$  dans chacune des branches du réseau prise particulièrement.

» Donc le théorème est ainsi démontré pour le premier cas.

» *Deuxième cas.* — Le schéma du réseau est un polygone ouvert.

» Soit A, B, C, ..., N (*fig. 3*) le schéma du réseau alimenté à chacun de ses sommets.

» Fermons le polygone par la branche AN en y introduisant

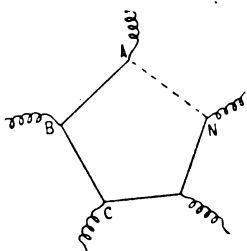


Fig. 3.

une force électromotrice égale et de signe contraire à la différence de potentiel existant entre A et N. La branche AN ne sera parcourue par aucun courant et l'équilibre électrique du réseau nullement modifié. Ainsi considéré, le deuxième cas est ramené au premier cas déjà démontré.

» *Troisième cas.* — Le réseau a un schéma quelconque.

» Soit A, B, C, ..., K le schéma du réseau alimenté aux points A, B, C, K, E et F (*fig. 4*).

» Je vais décomposer par un artifice le réseau donné en d'autres réseaux élémentaires, chacun pouvant être ramené à un des deux cas précédemment démontrés.

» L'artifice consiste en la considération de lignes d'alimentation auxiliaires qui amènent, au point du réseau qu'elles alimentent, exactement le potentiel existant à ce point.

» Les lignes d'alimentation auxiliaires n'apportent ainsi aucun trouble dans le réseau et sont parcourues par un courant nul.

» Soient X, Y, Z des lignes d'alimentation auxiliaires.

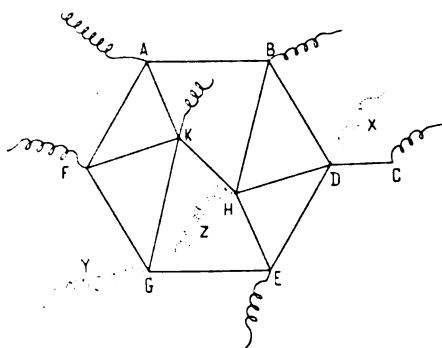


Fig. 4.

» Décomposons maintenant le réseau donné en les réseaux élémentaires

$$A'B'D'E'G'F', \quad A'K''H''B'', \quad C''D''H''E'', \quad G''K''F'',$$

» Les points homonymes étant supposés rester au même potentiel, l'équilibre de chaque réseau élémentaire est identique à celui qu'il avait quand il faisait partie du réseau résultant.

» Pendant cette décomposition, certaines lignes d'alimentation se sont dédoublées ou démultipliées, de sorte que, appliquées à chacun des réseaux élémentaires, elles y amènent un courant différent, en général, du courant initial amené au réseau résultant. Ce courant initial est la résultante des courants des lignes d'alimentation homonymes démultipliées. En particulier, les lignes d'alimentation auxiliaires démultipliées amènent aux réseaux élémentaires un courant, en général, différent de zéro.

» Appliquons le théorème toujours par rapport au même point arbitraire  $p$  sur chacun des réseaux élémentaires, puisqu'il a été démontré vrai pour chacun d'eux. Faisons la somme algébrique des indications trouvées; cette quantité est la somme des puissances au décalage  $\theta$  dans chacune des branches du réseau prise

séparément, c'est-à-dire la puissance au décalage  $\theta$  dans le réseau primitif.

» Dans la somme algébrique des indications trouvées, je grouperai les termes correspondant aux lignes d'alimentation homonymes.

» Pour chacune des lignes d'alimentation auxiliaires, la somme des termes du groupe correspondant sera évidemment nulle.

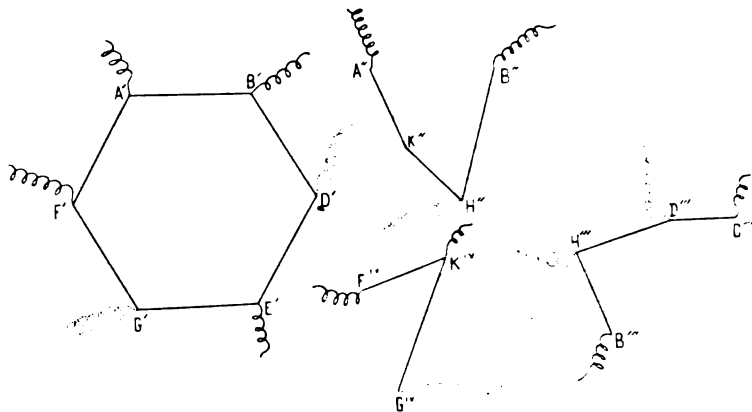


Fig. 5.

» Pour chacune des lignes d'alimentation non auxiliaires, la somme des termes du groupe correspondant sera égale à l'indication du wattmètre au décalage  $\theta$ , s'il était parcouru par la ligne d'alimentation avant dédoublement.

» Donc dans la somme des indications trouvées en appliquant le théorème sur les réseaux élémentaires, nous ne retrouvons que les termes que donnerait l'application du théorème immédiatement sur le réseau résultant.

» Le théorème est donc démontré pour tous les cas et pour un courant et une tension sinusoïdaux.

» Il est encore exact pour chacune des harmoniques prise séparément.

» Car, d'une part, les harmoniques de voltage ne donnent de la puissance, au décalage  $\theta$ , qu'avec les harmoniques du courant de même pulsation, et cette puissance vient simplement s'ajouter algébriquement à la puissance donnée par le terme principal; d'autre part, les effets électromagnétiques produits dans les wattmètres

par les harmoniques s'ajoutent algébriquement à l'effet dû au terme principal.

» Le théorème est donc vrai pour les courants alternatifs quelconques.

» Je l'ai démontré vrai à chaque instant du temps et je n'ai point passé par des phénomènes intégraux dans le temps. Il s'ensuit :

» 1<sup>o</sup> Qu'il est vrai aussi pour le courant continu, qui n'est que la répétition à l'infini de l'équilibre instantané;

» 2<sup>o</sup> Que le point arbitrairement choisi,  $p$ , peut varier de potentiel et fréquence en ne suivant aucune loi, à condition que toutes les lectures qui doivent s'ajouter se fassent au même instant.

» LEMME. — *La puissance au décalage  $\theta$ , où  $\theta$  est quelconque, se conserve.*

» En effet, considérons un réseau quelconque, mais complet, sans aucune communication au dehors. Soit le réseau A, B, C, ..., K (fig. 6) et une partie quelconque de ce réseau, par exemple FGHK,

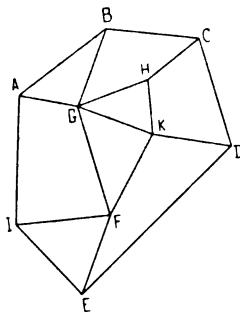


Fig. 6.

et séparons-la du reste (fig. 7) avec les fils  $F'F''$ ,  $G'G''$ , etc. comme fils d'alimentation.

» J'ai démontré que la somme algébrique des puissances au décalage  $\theta$  de chacune des branches du réseau  $R''$  est égale à la valeur donnée par l'application du théorème sur le réseau  $R''$  et moyennant les fils d'alimentation  $F'F''$ ,  $E'E''$ , etc. De même, la somme algébrique des puissances au décalage  $o$  de chacune des branches du réseau  $R'$  est égale à la valeur donnée par l'applica-

tion du théorème sur le réseau  $R'$  et moyennant les mêmes fils d'alimentation.

» La valeur qui correspond au réseau  $R''$  est ainsi égale et de signe contraire à la valeur qui correspond au réseau  $R'$ .

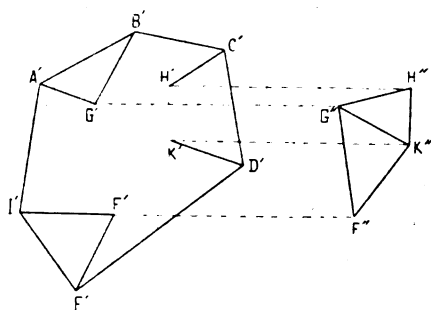


Fig. 7.

» Donc la somme algébrique des puissances au décalage  $\theta$  de chacune des branches du réseau primitif  $R$  est nulle.

» Le théorème et son lemme sont réciproques comme je le démontrerai plus loin, et le premier n'aurait pas un sens exact sans l'existence du deuxième.

» Avant d'aborder certaines applications pratiques, je reviendrai sur le théorème en indiquant d'autres démonstrations.

» La démonstration peut être faite plus brièvement ainsi :

» Soit un réseau composé d'une seule branche et alimenté à

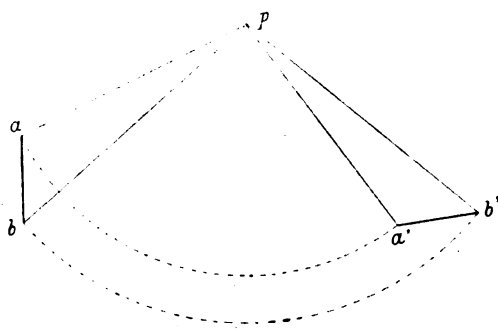


Fig. 8.

ses deux sommets. Soient  $a, b$  (fig. 8) les potentiels de ses sommets et  $p$  le point arbitrairement choisi.

» Faisons tourner la figure  $ab$  autour du point  $p$  d'un angle  $\theta$ ;

soit  $a' b'$  sa nouvelle position, j'ai

$$\boxed{I_{AB} V_{a'b'}} = \boxed{I_{AB} V_{ap}} + \boxed{I_{AB} V_{pb'}}.$$

» Or  $\boxed{I_{AB} V_{ab}}$  est la puissance au décalage  $\theta$  de la branche AB et le deuxième membre de cette équation est la somme algébrique des indications de deux wattmètres au décalage  $\theta$  parcourus chacun par le courant d'une ligne d'alimentation et soumis respectivement à la différence de potentiel entre le point d'alimentation respectif et le point arbitrairement choisi  $p$ .

» Le théorème étant démontré ainsi pour une branche, on décomposera un réseau quelconque en ses branches singulières par l'artifice des lignes d'alimentation auxiliaires en nombre égal au nombre des sommets non alimentés du réseau <sup>(1)</sup>.

» Donnons une forme algébrique aux démonstrations géométriques précédentes, par exemple à celle du cas d'un schéma du réseau en forme de polygone fermé (voir *fig. 1*).

» Soient  $v_a, v_b, \dots, v_n$  les potentiels instantanés des sommets,  $v_p$  celui du point  $p$ ; les intensités instantanées sont

$$I_A \sin(\omega t - \varphi_A), \quad I_B \sin(\omega t - \varphi_B), \quad \dots$$

» Le résultat de l'application du théorème pour la puissance au décalage  $\theta$  et pour un instant donné est la somme

$$(I) \quad (v_a - v_p) I_A \sin(\omega t - \varphi_A - \theta) + (v_b - v_p) I_B \sin(\omega t - \varphi_B - \theta) + \dots \\ + (v_n - v_p) I_N \sin(\omega t - \varphi_N - \theta).$$

» Réunissons tous les termes avec le facteur commun  $v_p$  et considérons la somme partielle

$$(II) \quad v_p [I_A \sin(\omega t - \varphi_A - \theta) + I_B \sin(\omega t - \varphi_B - \theta) + \dots + I_N \sin(\omega t - \varphi_N - \theta)].$$

» Or j'ai

$$(III) \quad I_A \sin(\omega t - \varphi_A) + I_B \sin(\omega t - \varphi_B) + \dots + I_N \sin(\omega t - \varphi_N) = 0;$$

<sup>(1)</sup> Si je n'ai pas présenté de suite cette démonstration qui, quoique rapide, est rigoureuse, c'est parce que je n'ai pas voulu mettre presque tout le poids de la démonstration sur mon artifice des lignes d'alimentation auxiliaires.

j'en déduis que

$$(IV) \quad I_A \sin(\omega t - \varphi_A - \theta) + I_B \sin(\omega t - \varphi_B - \theta) + \dots \\ + I_N \sin(\omega t - \varphi_N - \theta) = 0,$$

car l'équation (IV) représente l'état d'équilibre exprimé par l'équation (III), au temps  $\frac{\theta}{\omega}$  avant.

» Donc la somme partielle (II) est nulle.

» Il nous reste à examiner la somme

$$(V) \quad v_a I_A \sin(\omega t - \varphi_A - \theta) + v_b I_B \sin(\omega t - \varphi_B - \theta) + \dots \\ + v_n I_N \sin(\omega t - \varphi_N - \theta);$$

notons maintenant que

$$(VI) \quad I_M \sin(\omega t - \varphi_M - \theta) = I_{MN} \sin(\omega t - \varphi_{MN} - \theta) \\ - I_{LM} \sin(\omega t - \varphi_{LM} - \theta);$$

car, d'après la première loi de Kirchhoff, j'ai

$$(VII) \quad I_M \sin(\omega t - \varphi_M) = I_{MN} \sin(\omega t - \varphi_{MN}) - I_{LM} \sin(\omega t - \varphi_{LM}),$$

et l'équation (VI) n'est que l'équation (VII) au temps  $\frac{\theta}{\omega}$  avant.

» Décomposons ainsi chaque terme de la somme V en deux autres d'après la relation (VI) et nous aurons

$$(VIII) \quad v_a I_A \sin(\omega t - \varphi_A - \theta) + \dots + v_n I_N \sin(\omega t - \varphi_N - \theta) \\ = v_a [I_{AB} \sin(\omega t - \varphi_{AB} - \theta) - I_{NA} \sin(\omega t - \varphi_{NA} - \theta)] \\ + v_b [I_{BC} \sin(\omega t - \varphi_{BC} - \theta) - I_{AB} \sin(\omega t - \varphi_{AB} - \theta)] \\ + \dots \\ + v_n [I_{NA} \sin(\omega t - \varphi_{NA} - \theta) - I_{MN} \sin(\omega t - \varphi_{MN} - \theta)].$$

» Refaisons la somme en groupant les termes ainsi

$$(IX) \quad (v_a - v_b) I_{AB} \sin(\omega t - \varphi_{AB} - \theta) + (v_b - v_c) I_{BC} \sin(\omega t - \varphi_{BC} - \theta) + \dots \\ + (v_n - v_a) I_{NA} \sin(\omega t - \varphi_{NA} - \theta).$$

et nous aurons ainsi effectué la démonstration pour le cas donné (1).

(1) Pour le cas de la puissance réelle seulement, voici une procédure rapide :

Soient  $v_a, v_b, \dots, v_n$  les potentiels instantanés des points d'alimentation;  $i_a, i_b, \dots, i_n$  les courants instantanés des lignes d'alimentation.

D'après la définition même, la puissance absorbée par le réseau est

(1)  $P = v_a i_a + v_b i_b + \dots + v_n i_n.$

Or, j'ai

(2)  $i_a + i_b + \dots + i_n = 0;$



» J'ai dit plus haut que le théorème et le lemme sont réciproques. Le raisonnement suivant va en rendre compte.

» La puissance réelle se conserve, donc

$$(X) \quad E_1 I_1 \cos \varphi_1 + E_2 I_2 \cos \varphi_2 + \dots + E_n I_n \cos \varphi_n = 0.$$

» La puissance réactive se conserve aussi (démontré par Boucherot et Langevin), donc

$$(XI) \quad E_1 I_1 \sin \varphi_1 + E_2 I_2 \sin \varphi_2 + \dots + E_n I_n \sin \varphi_n = 0;$$

» Multiplions l'équation (X) par  $\cos \theta$  et l'équation (XI) par  $\sin \theta$  et ajoutons, nous aurons

$$E_1 I_1 \cos(\varphi_1 - \theta) + E_2 I_2 \cos(\varphi_2 - \theta) + \dots + E_n I_n \cos(\varphi_n - \theta) = 0.$$

» Donc la puissance au décalage  $\theta$ , où  $\theta$  est quelconque, se conserve aussi.

» Ceci étant, considérons un réseau quelconque (fig. 9) alimenté aux points A, C, E.

» Si je remplace la source réelle du réseau par un autre telle que

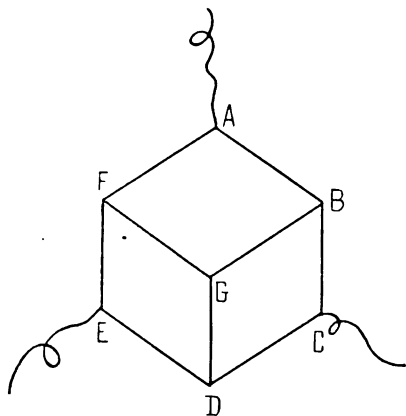


Fig. 9.

les points d'alimentation soient au même potentiel, aucun trouble

soit un potentiel arbitraire  $v_0$ , j'aurai

$$(3) \quad v_0 i_a + v_0 i_b + \dots + v_0 i_n = 0;$$

retranchons (3) de (1), j'aurai

$$(v_a - v_0) i_a + (v_b - v_0) i_b + \dots + (v_n - v_0) i_n = P.$$

ne sera apporté dans le réseau ni dans la répartition des courants dans les lignes d'alimentation.

» Je choisis une source d'alimentation constituée par autant de branches séparées qu'il y a de fils d'alimentation (*fig. 10*) et don-

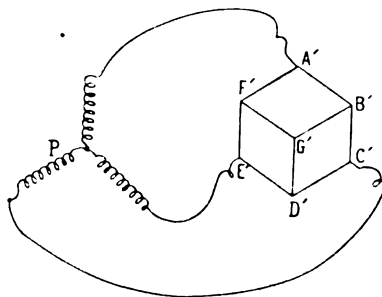


Fig. 10.

nant chacune la différence de potentiel entre le point d'alimentation respectif et le point arbitrairement choisi P.

» Mais, grâce au principe de la conservation de puissance au décalage  $\theta$ , je peux mesurer la puissance fournie par la nouvelle source en faisant la somme des puissances au décalage  $\theta$  pour chacune des branches séparément.

» Il est évident qu'en opérant ainsi je ne fais qu'appliquer le théorème.

» Ce théorème sera, j'espère, fécond en applications dans le domaine des mesures. Tout wattmètre à puissance réelle peut, en général, être, après modification partielle, transformé en wattmètre au décalage  $\frac{\pi}{2}$ . Maintenant pour compléter, voici un wattmètre au décalage  $\theta$ , où  $\theta$  n'est ni 0 ni  $\frac{\pi}{2}$ .

» Soit un wattmètre genre Siemens ancien où l'on ramène l'équipage mobile à sa position normale, toujours la même, en tordant le ressort qui le sollicite.

» Le champ créé par la bobine à gros fil est uniforme (voir *fig. 11*) et l'équipage mobile est constitué par deux bobines normales, l'une sur l'autre, et alimentées par la tension considérée, l'une, avec une résistance, l'autre avec une self en série.

» Supposons qu'on torde le ressort qui sollicite l'équipage mobile

jusqu'à amener le cadre qui présente la résistance en série à faire un angle  $\theta$  avec le champ  $\mathcal{H}$ . Le couple qui sollicite alors le ressort est proportionnel à

$$EI(\cos \varphi \cos \theta + \sin \varphi \sin \theta) = EI \cos(\varphi - \theta).$$

» Si la mesure de la puissance réactive a son intérêt (comme

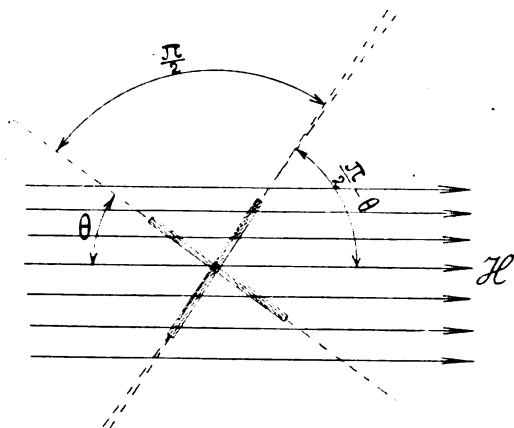


Fig. 11.

les exploitants le savent très bien), celle de la mesure du facteur de puissance a son importance aussi. Ce facteur mis sous la forme

$$k = \frac{W}{\sqrt{W^2 + M^2}},$$

où  $W$  est la puissance réelle et  $M$  la puissance réactive, peut se déterminer immédiatement dans le cas des tensions et charges quelconques (équilibrées ou non) au moyen des méthodes indiquées par le théorème.

» C'est ainsi que la maison Carpentier a réalisé un phasemètre pour triphasé avec tensions et charges équilibrées ou non (fig. 12).

» La figure 13 donne le schéma de l'appareil. Au moyen d'un wattmètre d'induction à puissance réelle à deux éléments wattmétriques, dont les équipages mobiles sont solidaires du même axe, on mesure la puissance réelle; au moyen d'un wattmètre à puissance réactive, on mesure la puissance réactive. L'intersection de deux aiguilles projetée sur une abaque portant une famille de courbes donnera le facteur de puissance, ainsi que

M. Ferrié l'a montré. Une autre famille de courbes pourra donner la puissance apparente.

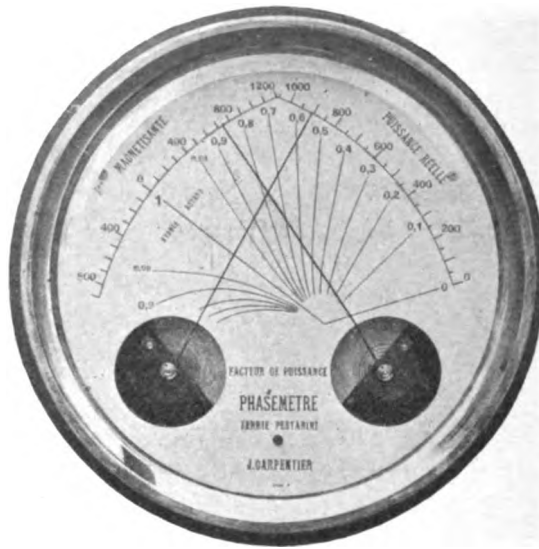


Fig. 12.

» On imagine facilement des appareils semblables pour des réseaux triphasés à 4 fils, diphasés à 5 fils, etc.

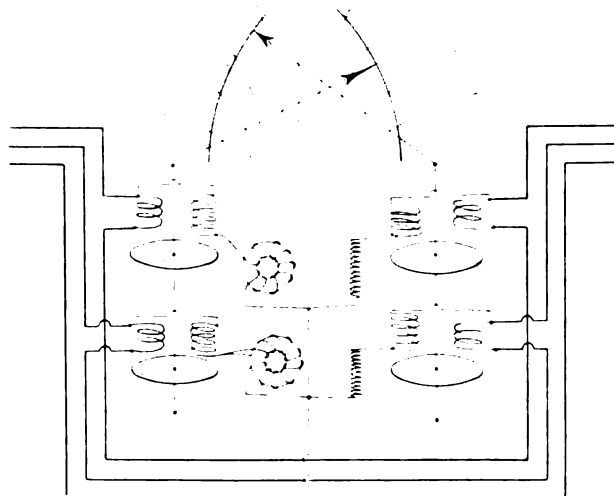


Fig. 13.

» Voici la description du principe d'un phasemètre avec une seule aiguille pour charges et tensions quelconques équilibrées ou non.

» Soit  $\mathcal{H}$  (voir *fig. 14*) un champ uniforme créé par une bobine parcourue par l'intensité  $I$ . Un équipage mobile à deux cadres perpendiculaires l'un sur l'autre est disposé dans ce champ uniforme. Un des cadres, par exemple le cadre A, a une grande résistance en série et est soumis à la tension  $E$ ; l'autre cadre B est aussi soumis à la même tension  $E$  mais présente une forte self en série. Imaginons plusieurs éléments semblables dont les équipages mobiles sont tous solidaires du même axe commandant l'aiguille du

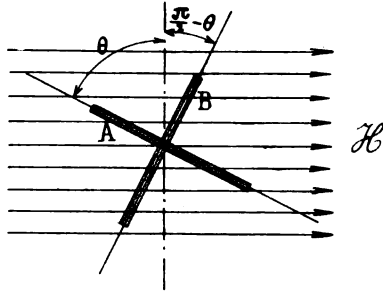


Fig. 14.

cadran. Cet axe n'est sollicité par aucun ressort, et les connexions sont faites suivant le théorème énoncé de telle sorte que les cadres A auraient mesuré la puissance réelle si ces cadres existaient seuls et que les cadres B auraient mesuré la puissance réactive s'ils existaient seuls.

» La condition d'équilibre est

$$\cos \theta W = \sin \theta M,$$

où  $\theta$  est l'angle que forme le cadre B avec le champ  $\mathcal{H}$ ,  $W$  est la puissance réelle du réseau et  $M$  la puissance réactive.

» De l'équation précédente je tire

$$\cos \theta = \frac{W}{\sqrt{W^2 + M^2}}.$$

» Donc la déviation de l'aiguille mesure le facteur de puissance ou si l'on veut le décalage du courant unique par rapport à la tension unique qui donneraient à eux seuls la puissance réelle et réactive du réseau.

» En particulier, on peut employer le wattmètre ordinaire, à décalage 0, pour mesurer la puissance réactive des réseaux à

charge déséquilibrée, mais dont les potentiels des points d'alimentation forment un polygone régulier (voir *fig. 15*).

» En effet, remarquons que je peux choisir comme point  $p$  le centre du polygone. Alors à chaque différence de potentiel entre le point  $p$  et un point d'alimentation correspondra toujours une ou plusieurs tensions en quadrature et d'une valeur maxima bien connue.

» Dans la figure 15, par exemple, à la tension  $ap$  correspondent les différences de potentiels  $hb$ ,  $gc$ ,  $fd$ , toutes en quadrature avec  $ap$  et bien connues.

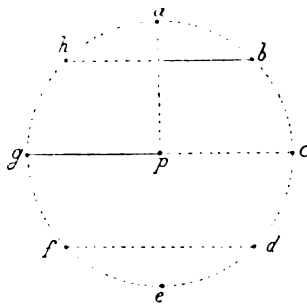


Fig. 15.

» Dans ce cas spécial, on connecte bien entendu le wattmètre à décalage  $o$ , de sorte que, quand il est parcouru par le courant d'alimentation amené en  $a$ , il est soumis à des tensions  $hb$ ,  $gc$  ou  $fd$ .

» On pourrait aussi avoir, d'une semblable manière, des puissances à un décalage  $\theta$ , où  $\theta$  n'est ni  $o$ , ni  $\frac{\pi}{2}$ , mais dépend de la forme du polygone.

» Pour terminer, Messieurs, je tiens à exprimer mes remerciements aux première et sixième sections qui ont bien voulu examiner mon travail. »

M. Masson. — « A propos de la mesure des courants déwattés, voici une application, qui, à ma connaissance, n'a pas été signalée et qui peut être intéressante pour les exploitants.

» Quand une terre se déclare sur un réseau souterrain à haute tension, il est nécessaire de l'éliminer le plus rapidement possible,

et par conséquent de connaître le câble mauvais, bien souvent sans interrompre le service.

» Un premier moyen consiste à mettre à la terre pendant quelques instants soit le neutre, soit une autre phase par l'intermédiaire d'une résistance. Ce procédé nécessite parfois des installations relativement importantes et compliquées.

» On peut opérer autrement, en se basant sur la dissymétrie des courants de capacité. Prenons par exemple un réseau triphasé. Chacun des câbles qui le constituent peut être assimilé à un ensemble de condensateurs tels que K montés entre phases et tels que S montés entre phases et terre.

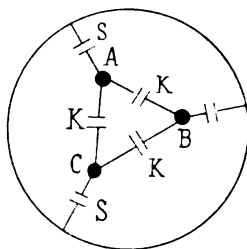


Fig. 1.

» Si la phase A par exemple se trouve mise à la terre, le groupement des capacités correspond à la figure 2.

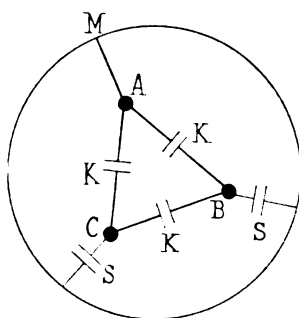


Fig. 2.

» Les courants dans les capacités K ne changent pas, mais il y a une dissymétrie dans les courants dus aux capacités S. La variation est sensible du fait que le conducteur A du câble mauvais ramène au travers du défaut MA, les courants dus aux capa-

cités S, non pas seulement du câble considéré, mais de la *totalité* du réseau.

» Mais comme il s'agit de courant déwatté, les ampèremètres du tableau sont peu influencés. D'autre part, aux heures de lumière, l'équilibrage naturel peut n'être pas parfait. Enfin, les conditions de self et de capacité peuvent être telles que le courant résultant change de phase, sans changer de valeur. Il y a donc intérêt à mesurer ou plutôt à comparer les courants déwattés dans les trois phases de chaque câble, la dissymétrie observée permettant de déceler le câble mauvais.

» Or, pour mesurer le courant déwatté dans le conducteur A,

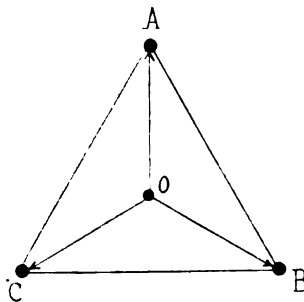


Fig. 3.

il suffit de prendre un wattmètre dont on alimente le gros fil par le courant en A, et le fil fin par la tension CB. Cette mesure est très facile quand le réseau comporte un transformateur de potentiel triphasé et un transformateur d'intensité sur chaque phase de chaque câble.

» Le wattmètre peut être quelconque, et la valeur absolue des mesures importe peu. Il est nécessaire, en raison de la remarque faite plus haut sur les changements de phase, de repérer les connexions pour pouvoir dire si le courant déwatté est en avance ou en retard. Il est facile de voir que, dès que le réseau comprend plus de trois ou quatre feeders, la dissymétrie est insignifiante sur les câbles bons et très notable sur le câble mauvais.

» Pour rendre les mesures presque instantanées, il suffit de monter sur chaque panneau de départ un petit commutateur dont la manœuvre réalise successivement les connexions nécessaires. »



M. DEFERT. — « M. Pestarini, dans sa Communication très ingénieuse et très intéressante, vient de nous exposer le principe d'un appareil permettant la mesure du facteur de puissance d'un circuit triphasé déséquilibré.

» Les circuits déséquilibrés considérés par M. Pestarini sont ceux où les intensités sont différentes sur chaque phase, ceux où les tensions sont inégales entre phases ou bien ceux où les déphasages ne sont pas identiques sur les trois phases.

» La méthode qui consiste, dans le cas d'un circuit triphasé équilibré, à appeler *facteur de puissance* le cosinus de l'angle défini par

$$(1) \quad \tan \varphi = \frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2} \sqrt{3}$$

ne peut pas en effet s'appliquer, dans aucun de ces trois cas, puisque cette formule est établie en faisant les trois hypothèses

$$U_1 = U_2 = U_3, \quad I_1 = I_2 = I_3 \quad \text{et} \quad \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3.$$

» Certains auteurs ont établi une formule corrective pour le cas que l'on rencontre le plus souvent en pratique où les intensités sur les trois fils de phases sont inégales en faisant toujours les hypothèses

$$U_1 = U_2 = U_3 \quad \text{et} \quad \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3.$$

» Dans ce cas, l'angle  $\varphi$  est défini par

$$\tan \varphi = \frac{K W_1 - W_2}{K W_1 + W_2} \sqrt{3},$$

en appelant  $K$  le rapport  $\frac{I_2}{I_3}$ . Cette formule donne pratiquement des résultats très médiocres.

» M. Brylinski a établi, pour la détermination du décalage par la méthode des deux wattmètres, une Table qui permet de donner directement le  $\cos \varphi$  quand on connaît  $\frac{W_1}{W_2}$ .

» Cette Table, qui a été établie au moyen de la formule (1), ne permet pas de déterminer un facteur de puissance dans le cas d'un circuit triphasé déséquilibré où

$$\varphi_1, \quad \varphi_2 \quad \text{et} \quad \varphi_3$$

ne sont pas égaux.

» J'ai eu l'occasion d'effectuer des mesures de puissance par la méthode des deux wattmètres sur un réseau triphasé, déséquilibré et j'ai cherché à appliquer la formule en  $\tan \varphi$  pour la détermination du facteur de puissance.

» Le courant triphasé était fourni par la centrale à la tension 10 000 volts, 50 périodes.

» Le courant distribué en ville à l'abonné était du courant biphasé 3000 volts. La liaison entre les deux réseaux était assurée par des transformateurs Scott.

» J'ai mesuré la puissance d'un Scott côté 10000 volts et j'ai obtenu les résultats suivants :

» Si j'appelle 1, 2 et 3 les trois phases, j'ai réalisé successivement les montages des wattmètres sur les trois phases.

» Sur 1-3 :

$$\frac{W_1}{W_3} = \frac{87}{349} = 0,25, \quad \text{d'où} \quad \cos \varphi = 0,68;$$

sur 1-2 :

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{0}{436} = 0, \quad \text{d'où} \quad \cos \varphi = 0,5;$$

sur 2-3 :

$$\frac{W_3}{W_2} = \frac{128}{314} = 0,4, \quad \text{d'où} \quad \cos \varphi = 0,78.$$

» Quelle est parmi les trois valeurs différentes trouvées pour le facteur de puissance, la valeur réelle de ce facteur ?

» Probablement aucune.

» Ces mesures, qui ont été effectuées sur un réseau en exploitation avec des appareils industriels préalablement étalonnés, n'ont pas la précision des mesures de laboratoire.

» Leur exactitude peut cependant être assurée à 5 pour 100 près, et du reste les indications de la puissance totale indiquée par la somme des deux wattmètres correspondent bien, dans les trois cas, à une valeur sensiblement la même : 436 kw pour les deux premiers cas, 442 kw pour le troisième.

» Ces différents résultats obtenus montrent bien que la formule en  $\tan \varphi$  est inapplicable dans le cas présent, aussi la solution apportée par M. Pestarini est-elle appelée à rendre de réels services.

» Elle permettra aux exploitants de se rendre compte à tous moments du fonctionnement de leur réseau et dans chaque cas

particulier, elle leur sera une indication précieuse pour améliorer le rendement de leur canalisation <sup>(1)</sup>. »

M. PESTARINI. — « Je suis heureux que la question soit posée si nettement par M. Defert, et en lui répondant en deux mots, je pense que la généralité de la solution que je donne ressortira d'elle-même aux yeux de chacun.

» Un circuit triphasé déséquilibré à watts inégaux sur les trois ponts, les courants et tensions étant égaux ou non, n'est qu'un cas particulier d'un réseau à nombre quelconque de phases et avec tensions, courants et charges (watts réels) équilibrés ou non équilibrés, séparément ou tous à la fois.

» Nous appellerons  $\cos \varphi$ , ou facteur de puissance  $k$ , de ce réseau général, la quantité

$$\cos \varphi = k \frac{W}{\sqrt{W^2 + M^2}}.$$

Nous pourrions aussi faire usage de la valeur  $\tan \varphi$  qui me semble

---

(1) Depuis la séance, nous avons eu l'occasion d'essayer, sur le réseau dont nous avions parlé, l'appareil de M. Pestarini.

Les résultats que nous avons obtenus sont comparables entre eux, quelles que soient les phases sur lesquelles est branché l'appareil.

En tenant compte des rapports des réducteurs d'intensité et des transformateurs de tension, nous avons mesuré sur le même transformateur coté 10000 volts :

$$\begin{aligned} P_M &= 700 \times 750 = 525 \\ P_R &= 580 \times 750 = 436 \text{ kw} ; \\ \text{facteur de puissance} &= 0,63. \end{aligned}$$

Nous avons mesuré, d'autre part, le facteur de puissance du côté 3000 volts biphasé et nous avons trouvé

$$\cos \varphi = 0,66.$$

La diminution du facteur de puissance introduit par le transformateur est donc, dans ce cas particulier, d'environ 5 pour 100.

Au moment de notre mesure, nous avons vérifié que les déphasages et les intensités étaient les mêmes dans les deux phases du biphasé ainsi que les tensions entre fils de phase.

Dans le cas où les phases du biphasé sont inégalement chargées en ampères, la diminution du facteur de puissance introduite par le transformateur augmente; la valeur du facteur de puissance coté 10000 volts devient égale à 0,55 quand une phase du biphasé est à vide et que l'autre phase alimente un réseau avec un facteur de puissance égal à 0,66.

industriellement commode

$$\operatorname{tang} \varphi = \frac{M}{W}.$$

» L'angle  $\varphi$  ainsi défini est bien le décalage entre un courant unique et un voltage unique qui, à eux seuls, auraient pu fournir la puissance réelle et la puissance réactive absorbées par le réseau.

» Ceci étant, le théorème que je vous ai énoncé permet de mesurer exactement  $W$  et  $M$  et par conséquent d'en déduire  $\cos \varphi$  ou  $\operatorname{tang} \varphi$ , non seulement dans le cas particulier mentionné par M. Defert, mais aussi pour le cas d'un réseau absolument quelconque.

» Les appareils que j'ai décrits, dans l'exposé ci-dessus, donnent, non seulement la puissance réelle  $W$  et la puissance réactive  $M$ , mais aussi  $\cos \varphi$  ou  $\operatorname{tang} \varphi$  par une seule lecture et pour un réseau quelconque. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Pestarini de la pénétrante étude qu'il vient de présenter sur la mesure des puissances réelles magnétisantes dans les réseaux polyphasés. L'élégance de sa démonstration séduira les géomètres. L'intérêt pratique des résultats obtenus sera particulièrement apprécié des techniciens pour ce qui a trait aux réseaux déséquilibrés.

Il remercie également MM. Cahen, Masson et Defert, des compléments qu'ils ont apportés sur divers points de la question.

**SUR LES PROGRÈS PROBABLES DANS LA RÉCEPTION DES ONDES FAIBLES  
EN TÉLÉGRAPHIE SANS FIL A LONGUE PORTÉE.**

M. HENRI ABRAHAM. — « INSCRIPTIONS RÉCENTES DE T. S. F. FAITES ENTRE PARIS ET WASHINGTON. — Les grands postes de T. S. F., comme celui de la Tour Eiffel, ont des portées qui se mesurent en milliers de kilomètres. J'ai eu occasion, en décembre et janvier derniers, de recevoir à Washington les signaux de Paris et de faire quelques mesures par inscription photographique, avec l'aimable collaboration de M. le capitaine Carrier.

» Au point de vue de la T. S. F., le climat de Washington rappelle assez celui des régions tropicales. En plein été, les « parasites » atmosphériques sont tellement nombreux et intenses, qu'ils arrivent à empêcher toute réception des postes américains les plus puissants situés seulement à quelques centaines de kilomètres de distance. En hiver, les conditions sont meilleures, les « parasites » diminuent beaucoup, et l'on peut alors entendre assez régulièrement les postes lointains, lire et enregistrer, notamment, les émissions de la Tour Eiffel.

» L'appareil qui a servi pour ces études est le microgalvanomètre rapide à enregistrement continu, construit par les Ateliers Carpentier, qui a été décrit antérieurement <sup>(1)</sup>. Voici (*fig. 1*) l'un des équipages interchangeables de ce microgalvanomètre, avec son cadre mobile minuscule se plaçant dans l'entrefer d'un puissant électro-aimant. Au moment des mesures, ce galvanomètre était substitué aux téléphones dans le montage du poste de réception américain représenté par le schéma ci-contre (*fig. 2*), de façon à donner la mesure directe, sans aucun relais, du courant redressé par le détecteur. On utilisait des détecteurs à galène.

» Les reproductions ci-dessous (*fig. 3 et 4*) sont, en vraie grandeur, deux fragments d'une inscription des signaux horaires du soir envoyés par la Tour Eiffel à 23 h 45 m et reçus à Washington le 13 janvier 1914. L'inscription a été faite avec une vitesse de

---

<sup>(1)</sup> *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, t. III, 1913, p. 649.

déroulement du papier photographique voisine de 7 cm par seconde. Les dentelures du tracé correspondent aux étincelles successives de l'émission *ronflée* du poste de Paris, dont les étincelles sont séparées par des intervalles de l'ordre du vingtième de seconde.

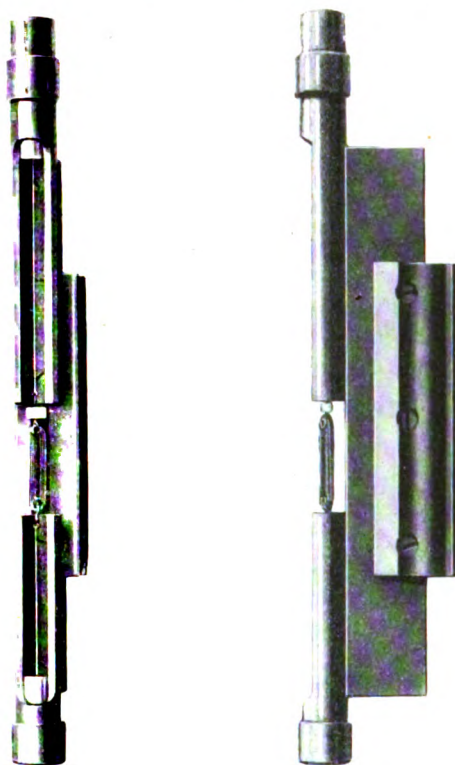


Fig. 1.

» On voit que, ce jour-là, l'amplitude de l'impulsion due à la première étincelle des différentes émissions arrivait à dépasser 8 mm, et que la déviation moyenne pour un *trait* continu était d'une quinzaine de millimètres.

» La sensibilité du galvanomètre, à ce moment, était de

24<sup>cm</sup> par microampère

avec retour au zéro en un temps de l'ordre du dixième de seconde (amortissement un peu trop fort). Il résulte donc de ces nombres que le courant redressé fourni par le détecteur à galène avait une valeur voisine de

$\frac{1}{16}$  de microampère.

» En même temps que ces inscriptions étaient faites à Washington, quelques expériences d'enregistrement ont été faites à

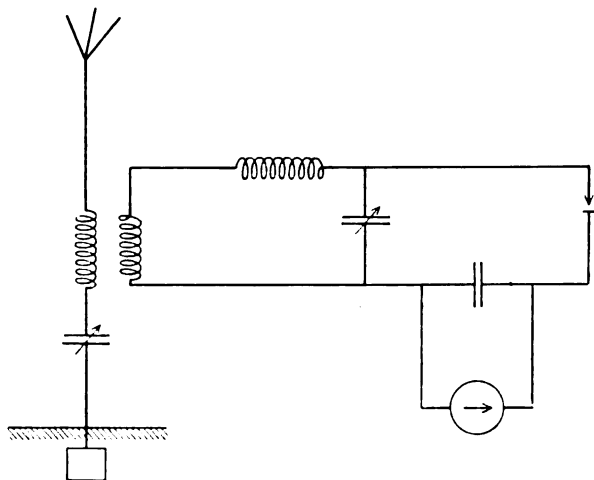


Fig. 2.

Paris, avec un dispositif semblable, par MM. Dufour et Ferrié

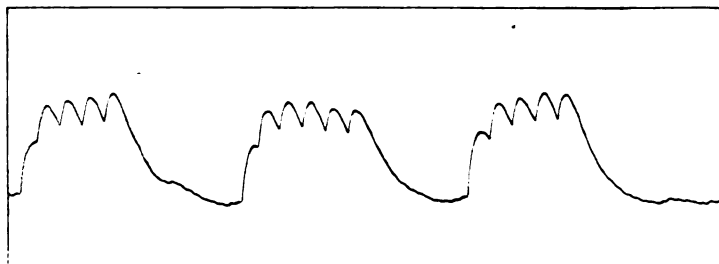


Fig. 3.

auxquels M. Beauvais avait bien voulu apporter une très utile

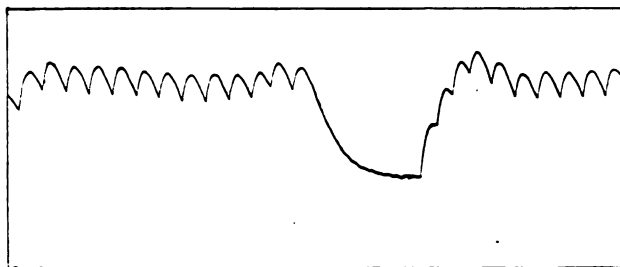


Fig. 4.

collaboration. Ces inscriptions simultanées avaient pour objet la détermination expérimentale directe de la durée de propagation des ondes entre les deux stations.

» La figure 5 donne en vraie grandeur la reproduction de l'inscription faite le 14 janvier, à la Tour Eiffel, de l'un des *traits* émis par le poste de Washington. Ce trait apparaît au milieu de parasites peu intenses. Il débute au point marqué 12; le trait suivant commence au point marqué 13.

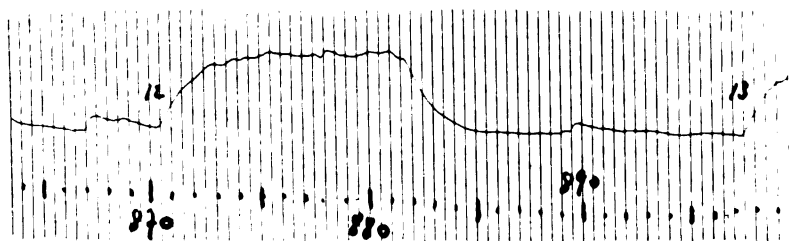


Fig. 5.

» Comme le poste de Washington a une *émission musicale*, à 1000 étincelles par seconde, le galvanomètre, fortement amorti, ne sépare plus les étincelles et dévie comme pour un courant ininterrompu.

» Nous pouvons remarquer que les déviations maxima obtenues à Paris et à Washington ont été du même ordre de grandeur (*fig. 3, 4, 5*). Comme les puissances mises en jeu dans les deux stations étaient comparables, on voit que ces mesures fournissent une vérification sommaire du principe du retour inverse des rayons appliqué à la télégraphie sans fil.

» **VARIATIONS DANS L'INTENSITÉ DE LA RÉCEPTION.** — Les déviations galvanométriques n'ont pas toujours été aussi fortes que celles des figures 3, 4, 5, et la lecture des messages enregistrés n'a pas toujours été aussi aisée. L'automne exceptionnellement chaud de 1913 a prolongé assez tard la période des parasites presque ininterrompus, si gênants pour les réceptions.

» Mais ce ne sont pas seulement les parasites qu'il y a à considérer, car l'intensité elle-même des signaux reçus varie beaucoup. Les émissions et les réceptions, dans toutes ces expériences, étaient faites exactement dans les mêmes conditions, et cependant, certains jours, les déviations obtenues, parfois douteuses tellement elles étaient faibles, n'atteignaient certainement pas un ou deux centièmes des déviations les plus fortes enregistrées un autre jour plus favorable.



» Au cours d'une même expérience, en quelques minutes, des variations de plus du simple au double n'étaient pas rares.

» Les réceptions les plus intenses ont été obtenues en janvier, à une époque où le froid était assez vif dans les deux stations.

» Je crois que ce sont les réceptions les plus intenses qui correspondent aux conditions normales de transmission et de réception. Dans cette manière de voir, les signaux faibles seraient ceux qui, en cours de route, auraient été exposés à des conditions météorologiques troublées favorisant leur absorption ou leur diffusion.

» En employant le langage de l'Optique, on peut dire que le « rayon hertzien » reçu par l'antenne a nécessairement voyagé, au moins au départ et à l'arrivée, dans les parties basses de l'atmosphère, qu'il a traversées presque horizontalement pendant un grand nombre de kilomètres. Pour expliquer des variations aussi importantes que celles qui viennent d'être indiquées, on pourrait penser que, durant son trajet, le « rayon hertzien » a pu être dévié irrégulièrement un grand nombre de fois, avec des sortes de réflexions diffuses, partout où l'indice de réfraction varie, soit par suite de variations notables de pression ou de température, soit par suite de la présence de masses d'eau un peu importantes en suspension dans l'atmosphère <sup>(1)</sup>; on peut aussi supposer que ce rayon a subi des effets d'absorption en traversant des masses d'air fortement ionisées; sans que l'on sache encore apprécier bien exactement par le détail ces causes de variations.

» PROPAGATION CURVILIGNE LE LONG DU GLOBE TERRESTRE. — Le « rayon hertzien » dont nous parlons serait une ligne courbe ayant à peu près la courbure du globe terrestre, et se propageant d'une station à l'autre au-dessus de la surface du sol d'une façon régulière les jours où les causes perturbatrices n'existeraient pas.

» Permettez-moi une digression à ce sujet.

---

(1) Les gouttelettes d'eau en suspension augmentent le pouvoir inducteur spécifique apparent de l'air par suite de leur pouvoir inducteur spécifique élevé (80) ou encore par un effet de conductibilité, qui serait prépondérant pour des fréquences correspondant aux longueurs d'onde de la T. S. F. Les augmentations locales de l'indice de réfraction, ou les diminutions de la vitesse de propagation des ondes, dues à cette cause ne semblent guère pouvoir atteindre *un pour cent*. Il paraît difficile d'admettre qu'elles suffisent à expliquer les effets obtenus.

» Cette propagation curviligne paraissait, il y a quelques années, assez paradoxale, mais les choses se présentent maintenant plus clairement quand on fait intervenir, comme il est nécessaire, la conductibilité considérable de la surface du globe, formée le plus souvent soit d'eau de mer, soit de terrains imprégnés d'eau douce très conductrice.

» Le mécanisme de cette propagation curviligne peut être rapproché de la propagation le long d'un fil conducteur, et conçu d'une façon simple, qui semble s'imposer comme résultant des études et des discussions sur ce sujet <sup>(1)</sup>.

» On peut dire que *le courant alternatif de l'antenne d'émission descend dans le sol et se propage à sa surface comme fait une ride à la surface de l'eau*. Un certain temps,  $\frac{1}{10000}$  de seconde par exemple, après l'émission, le courant existe le long de la circonférence d'un petit cercle d'environ 300 km de rayon. Le train d'ondes tout entier est du reste assez court et n'occupe par exemple qu'une vingtaine de kilomètres dans le sens du rayon (dix oscillations d'une longueur d'onde de 2 km). Ce courant, enfin, est presque superficiel, sa pénétration dans l'eau de mer étant de l'ordre de 1 m seulement.

» Si l'on représentait sur un dessin le globe terrestre par une circonférence de 10 cm de diamètre, le train d'ondes devrait être figuré par un trait, en forme de circonférence, qui n'aurait peut-être que  $\frac{1}{10}$  de millimètre de large. C'est cet étroit anneau de courant qui glisserait rapidement à la surface de la terre, en avançant avec une vitesse à peine inférieure à la vitesse de la lumière et en s'amortissant progressivement. C'est, enfin, l'énergie du champ électromagnétique de ce courant qui viendrait alimenter l'antenne réceptrice, après avoir été constamment localisée au-dessus du sol, jusqu'à des hauteurs peut-être considérables.

» En dehors des causes d'absorption par l'atmosphère, l'intensité du train d'ondes (carré de l'amplitude) diminuerait à la fois suivant un premier facteur en raison inverse du carré de la distance,

---

(1) Travaux de Poincaré, Brillouin, Blondel, Max Abraham, Zenneck, Sommerfeld, etc. Pour la bibliographie, consulter notamment la Conférence de FLEMING, *Wireless Telegraphy and its outstanding problems*, et la discussion qui a suivi (Congrès de la British Association, 1912).

comptée perpendiculairement au rayon terrestre partant du point d'émission; et, en même temps, suivant un second facteur exponentiel représentant l'effet des courants de Foucault dans le sol, et des effets indirects causés par la courbure de la terre.

» RÔLE DU DÉTECTEUR. — Il faut remarquer que les déviations galvanométriques, pas plus que les intensités téléphoniques, ne mesurent l'amplitude des oscillations qui existent dans l'antenne lorsqu'on décèle ces oscillations au moyen de détecteurs du genre de celui qui était utilisé à Washington (détecteur à galène). Nous allons voir que *le détecteur réduit d'autant plus l'intensité que cette intensité est elle-même plus faible.*

» Il en résultera que l'observation d'une variation apparente dans un rapport de l'ordre 100 à 1 des intensités galvanométriques reçues à Washington indique, en réalité, une variation d'amplitude dans une proportion plus faible, de l'ordre de 10 à 1 seulement, ce qui est encore assez important.

» On sait en effet, mais c'est un fait trop peu connu, que les détecteurs à cristaux, les valves et plusieurs autres détecteurs, ne sont des redresseurs de courant alternatif à peu près corrects que lorsqu'on les utilise pour redresser des courants intenses. Mais quand ils sont actionnés par les ondes faibles de la T. S. F. à longue portée, d'une force électromotrice souvent très inférieure à un volt, l'expérience montre que :

» *Le courant redressé fourni par le détecteur est sensiblement proportionnel AU CARRÉ du voltage alternatif de l'excitation.*

» Voici par exemple une mesure faite sur un détecteur à galène servant à redresser du courant alternatif à 42 périodes :

| E = Voltage aux bornes<br>(en volts). | I = courant redressé<br>(en microampères). | $\frac{1}{1000} \frac{I}{E^2}$ |
|---------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|
| 0,02.....                             | 2                                          | 5,0                            |
| 0,08.....                             | 34                                         | 5,3                            |
| 0,40.....                             | 777                                        | 4,8                            |
| 1,0.....                              | 1290                                       | 4,3                            |

» Cette loi du carré peut encore se traduire en disant que les

*déviations galvanométriques moyennes mesurent la puissance de la réception, c'est-à-dire le carré de l'amplitude et non l'amplitude elle-même.*

» C'est en raison de cette propriété du détecteur que, à *puissance égale*, les émissions dites *musicales*, faites avec des étincelles fréquentes, donnent, à la réception, des courants redressés dont l'intensité moyenne est, en gros, indépendante de la hauteur du son, alors que, *avec un détecteur parfait, l'intensité moyenne du courant redressé devrait croître en raison directe de la racine carrée de la fréquence des étincelles dans l'émission musicale.*

» Nous voyons ainsi que cette loi du carré traduit une circonstance très désavantageuse pour ces détecteurs, et l'on peut résumer ce qui précède en disant que :

*» Le rendement du détecteur diminue proportionnellement à la puissance des oscillations qu'il doit déceler.*

» Ces types de détecteurs, qui sont les plus employés, parce que, malgré tout, ce sont encore les meilleurs, sont donc en réalité mauvais pour les ondes faibles qu'ils redressent très incomplètement, alors qu'ils font recevoir bruyamment les ondes fortes dues aux brouillages de toutes sortes qui viennent gêner les réceptions.

» Je crois qu'il est possible de trouver des détecteurs sensibles qui, sans échapper absolument à cette loi du carré, conserveraient de bons rendements pour des voltages inférieurs au dixième ou au centième de volt, et pour lesquels le domaine de la loi du carré se restreindrait aux voltages de l'ordre du millième de volt, au lieu de s'étendre, comme pour les détecteurs à galène par exemple, à presque toute l'échelle des tensions employées dans les réceptions de T. S. F.

» Certes, il est banal de dire que malgré tous les progrès réalisés en T. S. F., il reste encore beaucoup à faire.

» Mais ce n'est pas seulement sur l'émission que les efforts doivent porter, c'est aussi sur la réception. En dehors des progrès certains qui pourront être réalisés dans l'émission par l'augmentation de la puissance des stations, par l'augmentation des longueurs d'onde des antennes et l'amélioration des procédés em-

ployés pour les exciter, il reste encore beaucoup à gagner par la transformation complète des procédés actuels de réception.

» *Il faudrait, à la réception, employer des dispositifs qui conservent, pour les ondes faibles, un aussi bon rendement que pour les ondes fortes.* On rendrait alors aux émissions musicales et aux ondes entretenues toute leur efficacité, et l'on augmenterait beaucoup non seulement la portée, mais aussi la régularité de réception des postes actuels de télégraphie sans fil et surtout de téléphonie sans fil. »

M. Ch. JACQUIN. — « En matière de télégraphie sans fil, bien des points sont encore assez obscurs. S'il est probable que l'atmosphère joue le plus grand rôle dans la transmission des ondes hertziennes, comme vous l'a dit M. Abraham, il semble, d'après de petites expériences auxquelles j'ai assisté tout récemment chez le curé de Chennevières-sur-Marne, que la terre doit tout de même jouer un certain rôle dans cette transmission.

» M. l'abbé Boulage, curé de Chennevières, a inventé une curieuse sonnette électrique, pour laquelle il a obtenu un grand prix au Concours Lépine et qui sera prochainement mise dans le commerce; elle fonctionne par des ondes hertziennes. J'ai constaté qu'elle est actionnée sans aucun fil à 6 m de la source d'ondes et à plus de 30 m lorsqu'elle est reliée aux boutons d'appel par un fil *non isolé* longeant le sol ou les murs. Cette différence notable dans la portée de la transmission me semble indiquer que la terre participe dans une certaine mesure à cette transmission. »

M. PARODI. — « M. Abraham, dans sa très intéressante conférence, nous a parlé de la théorie de Sommerfeld sur la propagation des ondes électromagnétiques et nous a indiqué comment elle permettait de rendre compte de la possibilité des transmissions par T. S. F. malgré la courbure de la Terre.

» Il me paraît juste de rappeler que M. Eccles, dans une Communication faite à la Société Royale de Londres en 1912, a exposé une théorie d'après laquelle l'ionisation de l'atmosphère produirait une augmentation de la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques, augmentation d'autant plus forte que la fréquence est plus faible.

» L'effet de l'ionisation serait équivalent à celui résultant d'une réduction apparente du pouvoir inducteur spécifique  $k$  et, par suite, d'une diminution de l'indice de réfraction du milieu. Dans un milieu à ionisation distribuée, comme doit l'être l'atmosphère terrestre, les rayons électromagnétiques devraient donc se courber d'autant plus fortement que la fréquence est plus faible.

» Ainsi pourrait s'expliquer l'existence d'une fréquence optima de transmission pour une distance donnée et des conditions atmosphériques définies ainsi que l'avantage particulier des basses fréquences pour les communications dans les régions accidentées.

» Bien que cette théorie soulève de graves objections, puisqu'elle suppose l'existence de vitesses de propagations supérieures à celle de la lumière dans l'éther, elle me paraît suffisamment ingénieuse pour mériter de ne pas rester dans l'oubli. »

M. Henri ABRAHAM. — « Les théories de M. Eccles dont il vient d'être parlé ont été discutées lors de la Conférence de Fleming que je rappelais tout à l'heure. Je considère comme exacte l'opinion de Fleming que l'ionisation de l'air est bien trop faible pour que les couches supérieures de l'atmosphère puissent jouer le rôle de miroir. Il est certain, par contre, que l'ionisation de l'air joue un rôle important dans la production des « parasites », et peut-être aussi dans l'*absorption* des ondes hertziennes dans les transmissions de jour.

» Mais j'avoue ne pas saisir comment, des équations du champ électromagnétique, on pourrait déduire que, dans un milieu gazeux ionisé, le front de l'onde se propagerait plus vite que la lumière et cela dans la proportion relativement considérable qui serait nécessaire pour produire le redressement de la surface de l'onde. »

M. le PRÉSIDENT. — « Il y a quelques mois, quand M. Abraham nous a décrit ses nouveaux appareils extra-sensibles, nous avons tous eu l'impression qu'une si grande somme d'esprit inventif, secondée par la perfection de construction de la maison Carpentier, promettait pour l'avenir une fructueuse moisson. Ce qu'a été cette moisson, vous avez pu l'apprécier ce soir en voyant les merveilleux clichés que M. Abraham a rapportés d'Amérique et qui

constituent la plus claire démonstration de l'excellence de ses appareils et de leur supériorité sur tout ce qui avait été fait auparavant. Il suffit de se rappeler les difficultés que l'on a eues il y a peu d'années à établir des communications régulières entre l'Irlande et le Canada avec des machines très puissantes pour mesurer les progrès accomplis par notre collègue qui, avec un poste émetteur muni de machines environ dix fois moins puissantes et sur une distance presque double, a réussi à obtenir non plus seulement une réception au son, mais un enregistrement graphique permettant d'analyser tous les détails du phénomène. C'est ainsi que la plaque photographique, que l'astronome Janssen qualifiait de « rétine du savant », après nous avoir révélé les vibrations les plus rapides de la lumière invisible, nous met à même d'en étudier aujourd'hui les vibrations les plus lentes. »





**SUR UNE CONTRIBUTION A LA PRODUCTION DES CHAMPS MAGNÉTIQUES  
ÉLEVÉS OU ÉTENDUS.**

M. A. PEROT. — « Deux procédés ont été proposés ou utilisés jusqu'ici pour produire les champs magnétiques :

» On peut, comme Faraday l'a fait le premier, produire un flux d'induction élevé dans un circuit magnétique présentant une coupure et concentrer ce flux dans un entrefer convenablement disposé, compris entre des pièces polaires coniques, c'est sur ce principe que sont construits les électro-aimants si remarquables de M. P. Weiss.

» On peut encore, comme l'ont en particulier proposé MM. Perrin et Ch. Fabry, s'adresser aux propriétés magnétiques des bobines parcourues par un courant; il faut, dans ce cas, pour avoir des champs magnétiques élevés, employer des densités de courant très grandes, et l'on est amené à refroidir énergiquement les conducteurs.

» Le principe que nous avons appliqué, M. Deslandres et moi-même dans la construction des électro-aimants présentés, constitue une solution du problème en quelque sorte intermédiaire entre les deux procédés indiqués ci-dessus, cette solution consiste à placer l'enroulement magnétisant sur l'entrefer lui-même; on obtient ainsi un appareil qui joint à la propriété de constituer un circuit magnétique très peu résistant, l'avantage suivant qui le rattache à la classe des instruments constitués par les bobines seules : lorsque les pièces polaires sont amenées à une aimantation telle que leur perméabilité est devenue faible, sans même que le reste du circuit approche de la saturation, à une augmentation du courant correspond un accroissement du champ dans l'entrefer au moins aussi élevé que l'accroissement correspondant du champ propre de la bobine placée dans l'air; or, avec la disposition que nous préconisons, cette force magnétique est aussi grande que possible, puisque l'entrefer est précisément au centre de la bobine, tandis que, dans les électro-aimants habituels, les bobines étant placées à une certaine distance de celui-ci, la force magnétique,

qui s'ajoute en quelque sorte à celle que le fer peut fournir, est une petite fraction de la force que les bobines fourniraient si elles occupaient la position la plus avantageuse.

» Mais, pour pouvoir réaliser un instrument basé sur ce principe, il fallait pouvoir concentrer dans l'espace compris entre les pièces polaires, les ampères-tours que l'on a l'habitude de répartir le long des noyaux, et par conséquent grouper ceux-ci dans un volume très restreint; aussi nous sommes-nous, M. Deslandres et moi, tout d'abord préoccupés de la possibilité de réaliser dans les conducteurs des densités de courant très élevées; c'est le résultat de ces premières recherches que je vais indiquer.

» Guidés par l'idée que l'eau ne pourrait être employée à cause des phénomènes d'électrolyse <sup>(1)</sup> nous nous sommes adressés à un liquide isolant, le pétrole lampant; pour augmenter le pouvoir refroidissant et abaisser en même temps la résistivité des conducteurs et par suite la chaleur dégagée par un courant donné, nous avons pensé qu'il y avait lieu de refroidir le liquide; nous avons ainsi, outre l'avantage signalé, celui d'augmenter l'intervalle dont on peut élever la température du liquide sans amener la vaporisation ou la décomposition de celui-ci.

» Les conducteurs ont été employés sous la forme de rubans de cuivre mince de quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur et les premiers résultats obtenus ont été des plus encourageants. Nous avons pu, en effet, en employant du pétrole refroidi à  $-30^{\circ}$ , atteindre des densités de courant de 1500 ampères par millimètre carré pour du cuivre de  $\frac{2}{10}$  de millimètre, et de 1800 pour des lames de  $\frac{1}{10}$ ; il y a lieu du reste de noter que ce cuivre était des plus médiocres, au point de vue de la conductibilité, et que les densités atteintes auraient été beaucoup plus élevées si la résistivité avait été plus petite. Dans ces essais le courant de pétrole passait sur la lame avec une vitesse modérée, de quelques mètres au plus par seconde, et dans bien des cas cette vitesse a été inférieure à 1<sup>m</sup>. La température du conducteur est, dès que la densité devient un peu forte, bien au-dessus de celle du liquide; ainsi pour une densité

---

(<sup>1</sup>) D'après de toutes récentes recherches, il semble que cette difficulté pourrait être surmontée.

de courant de 300 ampères par millimètre carré, et une vitesse du pétrole de 0,60 m à la seconde, l'excès de température du métal sur le liquide a été de 130° environ, le cuivre étant de conductibilité très inférieure comme je l'ai indiqué.

» L'application de ces résultats à la construction de bobines a été chose relativement aisée; par exemple nous sommes arrivés dans une bobine de 30 mm de diamètre intérieur, c'est-à-dire de creux, et d'un volume de 29 cm<sup>3</sup> à grouper 30 800 ampères-tours; le coefficient de foisonnement (rapport du volume total à celui du métal) étant égal à 1,8.

» La possibilité de concentrer les ampères-tours étant ainsi démontrée, nous avons réalisé deux appareils pour illustrer ce principe de construction. Dans l'un, nous nous sommes contentés d'ajouter aux ampères-tours normaux d'un électro-aimant Weiss de l'avant-dernier modèle surexcité, ceux que pouvait, avec la puissance dont nous disposions, fournir la bobine précédemment décrite, placée sur la partie conique des pièces polaires de l'électro-aimant. L'excitation dans les bobines normales étant portée à 24 ampères, l'électro donnait 41 000 gauss dans un entrefer de 2,1 mm sur 3 mm de diamètre; en envoyant dans les enroulements polaires décrits ci-dessus un courant de 1075 ampères, le champ s'est élevé à 51 500 gauss; les pièces polaires étant en fer, cette valeur est la plus grande que l'on ait obtenue dans ces conditions d'entrefer. L'enroulement était composé de deux demi-bobines laissant entre elles l'espace juste suffisant pour placer un déflagrator. Celui-ci donnait les raies bleues du zinc et permettait de déterminer la valeur du champ obtenu par l'écartement des composantes du triplet de la raie bleue, de longueur d'onde égale à 4680 angströms.

» On voit que l'adjonction de ces enroulements polaires, donnant par eux-mêmes dans l'air 8000 gauss environ, a élevé le champ de 10 500 gauss. Cette disposition rend d'ailleurs le champ très peu abordable; elle n'a été réalisée que comme sujet d'études et pour montrer l'effet d'enroulements agissant directement sur l'entrefer.

» Le second dispositif réalisé constitue un électro-aimant complet, d'un modèle différent de ceux qui ont été établis jusqu'ici. Pour sa construction nous avons été guidés par les idées suivantes.

Ne mettre d'enroulements que sur l'entrefer et constituer un circuit magnétique de réluctance aussi faible que possible. Il suffit, pour se représenter l'appareil, d'imaginer que l'on a placé sur l'entrefer même d'un électro-aimant ordinaire, une bobine formée d'une lame de cuivre de  $\frac{3}{10}$  de millimètre d'épaisseur sur 20 mm de largeur enroulée sous la forme d'un ressort de pendule, le creux étant de 30 mm et le nombre des spires étant 27; le circuit magnétique est fermé à environ 1 cm de la bobine tout autour de celle-ci, de sorte que l'appareil constitue une sorte de boîte dans laquelle se trouvent la bobine et les pièces polaires; l'appareil tout entier pèse une trentaine de kilogrammes. Le métal nous a été fort gracieusement offert par la Société de Commentry-Neuves-Maisons. Les fonds de la boîte sont percés d'un très grand nombre de trous destinés au passage du pétrole. A cet effet le liquide est amené sur l'une des bases par un collecteur circulaire, traverse la bobine et sort par les trous opposés, puis est recueilli par un second collecteur et ramené au réservoir. Pour le refroidissement nous employions une machine à ammoniac qui nous a été très obligeamment prêtée par M. D'Arsonval. Un canal cylindrique de 20 mm de diamètre a été ménagé suivant l'axe; deux cylindres de fer doux, armés à leurs extrémités de cylindres en ferrocobalt de 12 mm de diamètre, pénètrent dans ce canal à frottement doux et constituent les pièces polaires; un tube de cuivre rend le canal étanche, de telle sorte que l'on peut retirer les pièces polaires et régler leur distance. C'est dans le petit espace compris entre les troncs de cône des pièces polaires que l'étincelle doit jaillir; un déflagrateur y est placé, porté par l'une des pièces; un petit miroir renvoie la lumière émise suivant la direction de l'axe de l'instrument; l'autre pièce est percée vis-à-vis le miroir d'un petit canal par lequel sort la lumière.

» L'entrefer ayant 1,7 mm de longueur sur 3 mm de diamètre, nous avons obtenu avec un courant de 1900 ampères une force magnétique de 50 500 gauss, un courant de 1800 ampères donnant 49 800 gauss; la densité de courant était 317 ampères par millimètre carré, la vitesse du passage du pétrole 0,60 m par seconde seulement; si le courant avait pu être porté à 4000 ampères, ce que la bobine aurait permis, on aurait eu plus de 60000 gauss.

» On doit, d'après ces résultats, considérer comme prouvée

expérimentalement la possibilité de construire des électro-aimants ne possédant d'enroulement que sur l'entrefer, et par conséquent permettant d'atteindre des champs très élevés de l'ordre de 100 000 gauss, grâce à l'élévation de la force magnétique produite sur l'entrefer directement par les enroulements.

» L'appareil tel qu'il a été réalisé présente des défauts importants : l'entrefer est très peu abordable, la consommation en kilowatts est très grande, il n'a pas fallu moins de 78 kw pour produire les 50000 gauss indiqués; cette consommation exagérée de puissance tient d'une part à la mauvaise qualité du cuivre employé, de l'autre à la forme défectueuse de la bobine; en corrigeant ces deux défauts, on pourra améliorer considérablement l'appareil et obtenir des champs jusqu'ici non réalisés, avec une dépense raisonnable d'énergie. L'appareil que j'ai l'honneur de présenter à la Société au nom de M. Deslandres et au mien n'est que la réalisation tout à fait imparfaite d'un principe que nous avons voulu appliquer dès que nous avons vu que nous pouvions concentrer les ampères-tours sur l'entrefer dans un petit volume. Il ne faut pas voir dans cet appareil un modèle définitif, mais bien le point de départ d'un nouveau type d'électro-aimant. »

M. le PRÉSIDENT. — « La réalisation de champs magnétiques élevés est une des questions qui ont le plus vivement attiré l'attention des physiciens depuis quelques années en raison des importants problèmes qu'elle permet d'approfondir et dont le phénomène de Zeeman représente le mieux étudié aujourd'hui. Chacun connaît les grands progrès réalisés dans ce domaine par notre collègue M. P. Weiss, et les services rendus dans les laboratoires par ses grands modèles d'électro-aimants.

» Quelques savants audacieux ont préconisé la construction d'appareils encore plus puissants. Il y a peu d'années, un des plus distingués d'entre eux adressait aux capitalistes un éloquent appel, où il exprimait l'espoir de faire faire explosion aux atomes avec un électro-aimant, dont il évaluait le prix à un million de francs. Je dois dire que cet appel n'a pas éveillé d'échos suffisants, et que, soit scepticisme, soit indifférence, la perspective de l'explosion des atomes n'a pas décidé les souscripteurs.

» Aussi en est-on revenu à des projets moins grandioses, bien que très supérieurs encore aux ressources habituelles des instituts scientifiques : les devis proposés s'élèvent, en effet, à plusieurs centaines de milliers de francs. Deux souscriptions ont été amorcées, l'une par l'Université de Paris, en faveur de la Sorbonne, l'autre par l'Association internationale du Froid, en faveur de l'Université de Leyde. On peut juger par là de l'intérêt suscité par cette question dans les milieux scientifiques.

» Les procédés imaginés par MM. Deslandres et Perot nous donnent un exemple de l'ingéniosité dépensée par les savants dans cette étude et de la sagacité avec laquelle ils en ont examiné les multiples aspects. Il est impossible de regarder l'appareil qui vous est présenté ce soir sans être frappé de son faible volume et de son poids restreint. Des champs de l'ordre de 50 000 gauss réalisés, fût-ce dans un espace minime, avec un instrument d'un poids de 50 kg, représentent un résultat des plus remarquables. »

**LES GÉNÉRATRICES POLYPHASÉES A COLLECTEUR A GRANDE VITESSE  
ET A BASSE FRÉQUENCE.**

M. VERDURAND. — « La propriété fondamentale des génératrices polyphasées à collecteur réside dans la possibilité de produire des courants alternatifs à basse fréquence par des machines tournant à des vitesses très supérieures aux vitesses actuellement employées dans la pratique.

» C'est ainsi que, pour produire du courant à 50 périodes avec les alternateurs actuels, on ne peut pas dépasser la vitesse de 3000 t : m.

» La génératrice à collecteur permettra au contraire de produire ce courant en employant des machines tournant à des vitesses de l'ordre de 10 000 t : m.

» Comme, à égalité de puissance, le poids et l'encombrement des machines varient à peu près en raison inverse de leur vitesse, on conçoit l'intérêt qui s'attache à la réalisation pratique des machines à grande vitesse.

» Ces machines ont fait l'objet d'une étude complète, publiée par M. Maurice Leblanc dans le Bulletin de février 1913 de la Société des Ingénieurs civils. Toutefois, à cause de la complexité que présente l'étude de la génératrice à collecteur, lorsqu'on traite cette étude par l'analyse pure, M. Maurice Leblanc n'a publié que les calculs relatifs à un cas particulier : celui où le courant d'excitation ne subit aucun déphasage.

» Au contraire, l'étude directe des phénomènes électromagnétiques qui se produisent pendant l'amorçage permet, comme on va le voir, de faire très simplement et de façon complète l'étude du mécanisme de l'amorçage. Ce procédé permet, en particulier, de mettre en évidence la possibilité de régler la fréquence par un simple changement de phase du courant d'excitation.

» Nous verrons en effet que, contrairement à ce qui a lieu dans les alternateurs actuels, et dans la plupart des machines à champ tournant actuellement en usage, pour lesquelles le champ d'entrefer

tourne à la vitesse fixe du synchronisme, le champ des génératrices à collecteur tourne à une vitesse que l'on peut régler en modifiant simplement la phase du courant d'excitation.

» Cette étude met, en outre, en évidence les propriétés suivantes des génératrices à collecteur :

» 1<sup>o</sup> Ces génératrices sont auto-excitatrices; les conditions d'amorçage sont exactement les mêmes que pour une génératrice à courant continu dont on a décalé les balais du même angle que ceux de la génératrice polyphasée.

» 2<sup>o</sup> La mise en charge de la machine entraîne une variation de fréquence qui, d'une part, est proportionnelle au courant de charge, et, d'autre part, dépend du facteur de puissance de ce courant. Toutefois, nous verrons que cet inconvénient peut être rendu négligeable en calculant convenablement la machine, du moins pour la fréquence à laquelle elle fonctionnera habituellement.

» *Description de la génératrice.* — La génératrice triphasée à collecteur, que nous étudierons plus spécialement, se compose d'un rotor à collecteur identique à celui d'une machine à courant continu, et d'un stator analogue à celui d'un moteur d'induction, ces deux organes possédant, bien entendu, le même nombre de pôles.

» Toutefois, le stator se composera ici de deux enroulements superposés par exemple dans les mêmes encoches :

» 1<sup>o</sup> Un enroulement de compensation à gros fil parcouru, comme le rotor, par le courant total de la génératrice, et destiné à annuler le flux du rotor.

» 2<sup>o</sup> Un enroulement shunt d'excitation, à fil fin, dérivé aux bornes de la machine, et parcouru par le courant destiné à entretenir le champ tournant de la machine.

» *Enroulement de compensation.* — Le rôle de cet enroulement est double :

» 1<sup>o</sup> Il annule le flux du rotor;

» 2<sup>o</sup> Quand le rotor est arrêté, il est le siège d'une force électromotrice d'induction produite par le champ tournant, égale et opposée à la force électromotrice d'induction du rotor, en sorte



que, ces deux enroulements étant en série, la tension aux bornes de la machine est nulle.

» On peut dire en quelque sorte que, à l'arrêt, cet enroulement compense la force magnétomotrice et la force électromotrice du rotor.

» Nous allons décrire cet enroulement, qui a été imaginé par M. Ryan, et en expliquer le double rôle (*fig. 1*).

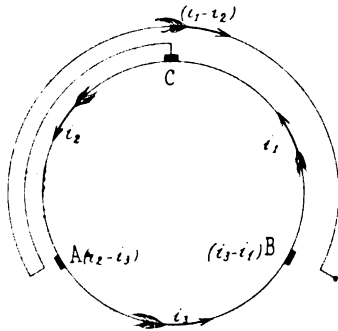


Fig. 1.

» Soient A, B, C les trois balais faisant entre eux un angle de  $\frac{2\pi}{3}$  degrés électriques. Ils divisent le rotor en trois enroulements formant un triangle, et parcourus chacun par l'un des courants triphasés  $i_1$ ,  $i_2$  et  $i_3$ .

» Les trois phases de l'enroulement de compensation se composeront de trois conducteurs placés chacun en série avec l'un des balais A, B et C.

» Le conducteur branché en C sera enroulé dans les encoches du stator correspondant aux encoches du rotor comprises entre le balai C et chacun des balais A et B. La disposition des deux autres conducteurs issus des balais A et B sera analogue. Seul le conducteur issu du balai C est représenté sur la figure. Supposons, pour simplifier, que le rotor et le stator possèdent le même nombre d'encoches.

» Pour que la compensation soit complète, il suffit évidemment que les ampères-conducteurs d'une encoche du rotor soient annulés exactement par les ampères-conducteurs de l'encoche correspondante du stator.

» Considérons, par exemple, une encoche du rotor parcourue

par le courant  $i_1$ . L'encoche correspondante du stator comprendra des conducteurs des deux enroulements de compensation issus des balais C et B. Ceux-ci seront parcourus respectivement par les courants  $(i_1 - i_2)$  et  $(i_3 - i_1)$ .

» Si l'encoche du stator contient  $n$  conducteurs de chacun des deux enroulements de compensation, les ampères-tours résultants seront

$$n[(i_3 - i_1) - (i_1 - i_2)] = n(-2i_1 + i_2 + i_3) = -3ni_1$$

à cause de la relation  $i_1 + i_2 + i_3 = 0$ .

» Si l'encoche du rotor contient  $n'$  conducteurs parcourus par le courant  $i_1$ , ses ampères-conducteurs seront égaux à  $n'i_1$ . Par suite, si l'on prend  $n = \frac{n'}{3}$ , les ampères-conducteurs du stator annuleront ceux du rotor. La compensation sera exacte.

» Par suite, le seul flux existant dans une telle machine sera le flux produit par l'enroulement d'excitation.

» Nous allons montrer maintenant que l'enroulement de compensation compense également la force électromotrice du rotor lorsque celui-ci est arrêté.

» Représentons par les trois vecteurs AB, BC et CA les forces électromotrices engendrées dans le rotor par le champ tournant (fig. 2).

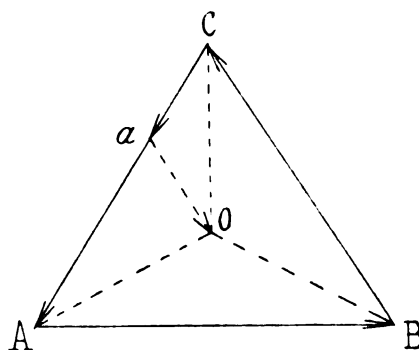


Fig. 2.

» Les tensions étoilées entre les balais et le point neutre fictif seront représentées par les trois vecteurs OA, OB et OC. Nous allons montrer que les forces électromotrices induites dans les trois enroulements de compensations sont égales et opposées à ces tensions étoilées. Par suite, la tension résultante aux bornes de la machine arrêtée sera nulle.

» Considérons, par exemple, l'enroulement issu du balai C. Il est réparti sur les deux secteurs CB et CA, et sur chacun d'eux le nombre de ses conducteurs est égal au  $\frac{1}{3}$  des conducteurs du rotor compris dans les secteurs correspondants.

» Par suite, la force électromotrice induite dans cette partie de l'enroulement de compensation est la résultante des deux vecteurs

$$\frac{CA}{3} - \frac{BC}{3} = \overline{Ca} + \overline{aO} = \overline{CO}.$$

» Elle annule donc bien, comme nous l'avions annoncé, la tension étoilée au balai C.

» Remarquons immédiatement que la compensation des forces magnétomotrices est complète quelle que soit la vitesse de la machine, tandis que celle des forces électromotrices n'est complète qu'à l'arrêt. Nous utiliserons cette remarque dans le calcul des forces électromotrices.

» *Théorie de l'amorçage.* — Aboutissant aux bornes de la machine, nous trouvons deux enroulements (*fig. 3*) : 1<sup>o</sup> l'enroulement

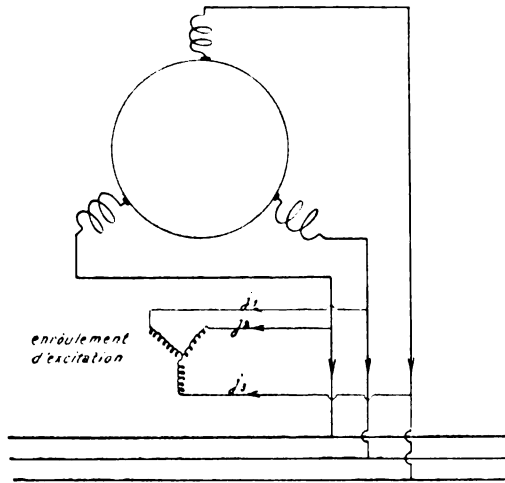


Fig. 3.

à gros fil composé du rotor et de l'enroulement de compensation en série avec le rotor; 2<sup>o</sup> l'enroulement d'excitation à fil fin.

» Nous allons écrire que la force électromotrice totale dans

chacun de ces enroulements est égale à la tension aux bornes de la génératrice.

» Au préalable, signalons que, pour le calcul de la période d'amorçage, nous négligerons la force électromotrice de self-induction et la chute ohmique dans l'enroulement à gros fil. Cette approximation est légitime : nous savons en effet que l'on construit les machines de façon à rendre très faible, même en charge, ces deux forces électromotrices. Mais ici, la machine sera parcourue seulement par le courant d'excitation très petit par rapport au courant de charge. Ces deux forces électromotrices sont donc tout à fait négligeables lorsque la machine fonctionne à vide.

» Rendons-nous compte des phénomènes qui vont se produire en supposant que nous branchions brusquement l'enroulement d'excitation aux bornes de la machine en marche à sa vitesse normale  $\omega_1$ .

» Le magnétisme rémanent produit une petite différence de potentiel entre les bornes. Celle-ci engendrera dans l'enroulement d'excitation un faible courant qui tendra à exciter la machine de la façon suivante.

» Supposons, pour faciliter notre explication, que l'enroulement d'excitation soit étoilé. Ses trois branches seront parcourues par des courants d'intensités variables  $j_1$ ,  $j_2$  et  $j_3$  sur lesquels nous ne ferons aucune hypothèse.

» Toutefois, nous savons que, l'enroulement étant en étoile, ces intensités variables satisfont à chaque instant à la relation

$$j_1 + j_2 + j_3 = 0.$$

» Par suite, il est facile de voir que l'on peut trouver un angle variable  $\alpha(t)$ , fonction encore inconnue du temps  $t$ , tel que l'on ait à chaque instant

$$\frac{j_1}{\sin \alpha(t)} = \frac{j_2}{\sin \left[ \alpha(t) + \frac{2\pi}{3} \right]} = \frac{j_3}{\sin \left[ \alpha(t) + \frac{4\pi}{3} \right]} = i(t),$$

la valeur  $i(t)$  de ce rapport étant également une fonction du temps à déterminer.

» Cette remarque nous permet de considérer les courants  $j_1$ ,  $j_2$

et  $j_s$ , comme des courants triphasés à fréquence et à intensité maxima  $i(t)$  variable. Ces courants circulant dans un enroulement triphasé de machine à champ tournant, produiront, comme nous le savons, un flux  $\Phi$  à répartition sinusoïdale dans l'entrefer, dont l'intensité sera de la forme

$$\Phi = K\mu i(t),$$

$K$  étant une constante de la machine et  $\mu$  la perméabilité du circuit magnétique correspondant au flux  $\Phi$ .

» D'autre part, ce flux tournera à une vitesse variable dont la valeur instantanée est  $\frac{d\alpha}{dt}$ .

» Ce flux étant le seul flux de la machine, nous possédons maintenant tous les éléments nécessaires pour le calcul des forces électromotrices dans les deux enroulements de la machine.

» 1° *Forces électromotrices dans l'enroulement à gros fils* (rotor et enroulement de compensation). — Elles se composent de la seule force électromotrice d'induction due au flux tournant  $\Phi$ , puisque nous négligeons les fuites et la chute ohmique dans cet enroulement.

» Considérons une spire qui embrasse le flux tournant  $\Phi = K\mu(t)i(t)$  (fig. 4). A l'instant  $t$ , l'axe du flux faisant l'angle  $\alpha$  avec le plan

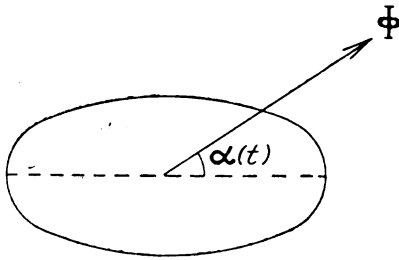


Fig. 4.

de la spire, celle-ci embrasse un flux total ayant pour valeur

$$K\mu(t)i(t)\sin\alpha(t).$$

» La perméabilité  $\mu$  variant avec le flux  $\Phi$  est aussi fonction du temps  $t$ . A l'instant  $(t + dt)$ , la spire embrasse un flux

$$K\mu(t + dt)i(t + dt)\sin\alpha(t + dt).$$

» Le flux coupé dans l'intervalle  $dt$  a donc pour valeur

$$\left[ K \mu'(t) i(t) \sin \alpha(t) + K \mu(t) i'(t) \sin \alpha(t) + K \mu(t) i(t) \frac{d\alpha}{dt} \cos \alpha(t) \right] dt.$$

» Supposons d'abord le rotor arrêté. Le flux  $\Phi$  induira dans celui-ci une force électromotrice étoilée égale à  $t$  :

$$C \mu'(t) i(t) \sin \alpha(t) + C \mu(t) i'(t) \sin \alpha(t) + C \mu(t) i(t) \frac{d\alpha}{dt} \cos \alpha(t),$$

et dans l'enroulement de compensation une force électromotrice égale et de signe contraire.

» Mais en réalité le rotor tourne à la vitesse  $\omega_1$ . La force électromotrice engendrée dans ce rotor aura pour valeur étoilée

$$C \mu'(t) i(t) \sin[\alpha(t) - \omega_1 t] + C \mu(t) i'(t) \sin[\alpha(t) - \omega_1 t] \\ + C \mu(t) i(t) \left( \frac{d\alpha}{dt} - \omega_1 \right) \cos[\alpha(t) - \omega_1 t].$$

Le collecteur transformant la fréquence sans modifier l'amplitude de la tension, la tension étoilée mesurée aux balais aura donc pour valeur

$$C \mu'(t) i(t) \sin \alpha(t) + C \mu(t) i'(t) \sin \alpha(t) + C \mu(t) i(t) \left( \frac{d\alpha}{dt} - \omega_1 \right) \cos \alpha(t).$$

» Comme la force électromotrice engendrée dans l'enroulement de compensation a conservé sa valeur

$$- C \mu'(t) i(t) \sin \alpha(t) - C \mu(t) i'(t) \sin \alpha(t) - C \mu(t) i(t) \frac{d\alpha}{dt} \cos \alpha(t),$$

la tension aux bornes de la machine, qui est égale à la somme de ces deux forces électromotrices, aura pour valeur

$$v = C \mu \omega_1 i(t) \cos \alpha(t).$$

» 2° *Forces électromotrices dans l'enroulement d'excitation.* — Elles se composent de la chute ohmique et de la force électromotrice de self-induction créée par le flux tournant  $\Phi$ .

» La première a pour valeur

$$- r i(t) \sin \alpha(t),$$

et la seconde

$$- B \mu i'(t) \sin \alpha(t) - B \mu' i(t) \sin \alpha(t) - B \mu i(t) \frac{d\alpha}{dt} \cos \alpha(t),$$

$\mu$  étant considéré comme fonction de  $t$ .

» Les forces électromotrices

$$- r i(t) \sin \alpha(t)$$

et

$$- [B\mu i'(t) + B\mu' i(t)] \sin \alpha(t)$$

peuvent être représentées par les projections de deux vecteurs tournants ayant la direction opposée au vecteur tournant  $\Phi$  et pour longueurs respectives

$$r i(t) \quad \text{et} \quad B\mu i'(t) + B\mu' i(t).$$

» Quant à la force électromotrice

$$- B\mu \frac{d\alpha}{dt} i(t) \cos \alpha(t),$$

elle peut être représentée par un vecteur de longueur  $B\mu \frac{d\alpha}{dt} i(t)$  faisant un angle  $-\frac{\pi}{2}$  avec le vecteur  $\Phi$ .

» *Diagramme pendant la période d'amorçage* (fig. 5). — Les vec-

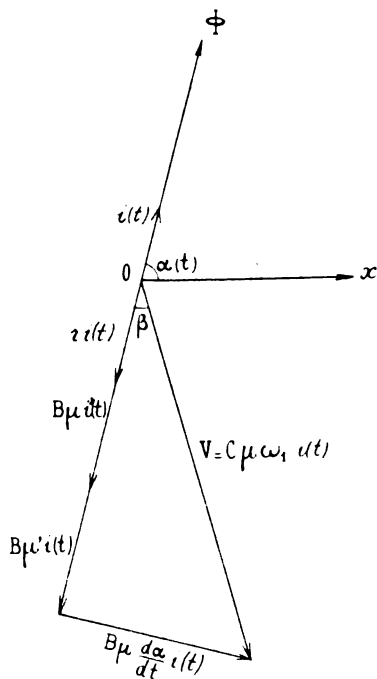


Fig. 5.

teurs précédents ont pour résultante la tension aux bornes de la machine, tension qui est, comme nous l'avons vu, égale à la force

électromotrice produite par le flux  $\Phi$  dans l'enroulement à gros fil, c'est-à-dire qui a pour valeur

$$e = C \mu \omega_1 i(t) \cos \alpha(t).$$

» Il est facile de voir d'ailleurs que ce vecteur fait avec le vecteur qui représente le flux  $\Phi$  un angle  $\beta$  égal à l'angle de calage des balais de la machine.

» *Équations différentielles de la tension et de la fréquence.* — 1<sup>o</sup> Projetons le vecteur OB sur la direction AB. Nous obtenons l'équation

$$C \mu \omega_1 \sin \beta = B \mu \frac{d\alpha}{dt},$$

équation dont l'intégrale générale est

$$\alpha = \frac{C \omega_1 \sin \beta}{B} t + \alpha_0$$

» La vitesse  $\omega$  du champ tournant aura donc pour valeur

$$\omega = \frac{d\alpha}{dt} = \frac{C \omega_1 \sin \beta}{B}.$$

» La fréquence est donc proportionnelle à la vitesse  $\omega$ , du rotor et au sinus de l'angle  $\beta$  de calage des balais ou plutôt de l'angle de phase du courant d'excitation  $i(t)$  par rapport à la tension aux bornes.

» 2<sup>o</sup> Projetons le vecteur OB sur la direction OA. Nous obtenons la relation

$$C \mu \omega_1 i(t) \cos \beta = r i(t) + B \mu i'(t) + B \mu' i(t).$$

» Remarquons que  $\mu$  peut être considéré comme une fonction de  $i$ , fonction constante tant que la machine n'est pas saturée, décroissante à partir du moment où la machine commence à se saturer. On a donc

$$\mu'(t) = \frac{d\mu}{di} i'(t).$$

» En portant cette valeur dans l'équation ci-dessus et en tirant la valeur de la dérivée  $i'(t)$ , il vient

$$i'(t) = i(t) \frac{\frac{C \mu \omega_1 \cos \beta - r}{B}}{1 + \frac{d\mu}{di} i(t)}.$$



» On voit que si, au début de l'amorçage,  $r$  est inférieur à  $C\mu\omega_1 \cos\beta$ ,  $i'(t)$  est positif et  $i(t)$  est croissant. L'amorçage se produit.

»  $i(t)$  continue à croître jusqu'à ce que sa dérivée s'annule, ce qui aura lieu lorsque, la machine se saturant,  $\mu$  atteindra en décroissant la valeur

$$\mu = \frac{r}{C\omega_1 \cos\beta}.$$

» A ce moment le régime permanent sera atteint. Il est facile de voir en effet que, si  $i(t)$  croît un peu au-dessus de cette valeur de régime,  $\mu$  décroît et  $i(t)$  redevient décroissant.

» L'inverse se produirait si  $i(t)$  tendait à décroître.

» Nous pouvons pousser plus loin l'interprétation physique de ces résultats.

» Traçons la courbe de magnétisation de la machine, ou courbe du flux  $\Phi = K\mu i(t)$  en fonction du courant d'excitation  $i(t)$  (fig. 6).

» Traçons ensuite la courbe déduite de la précédente en mul-

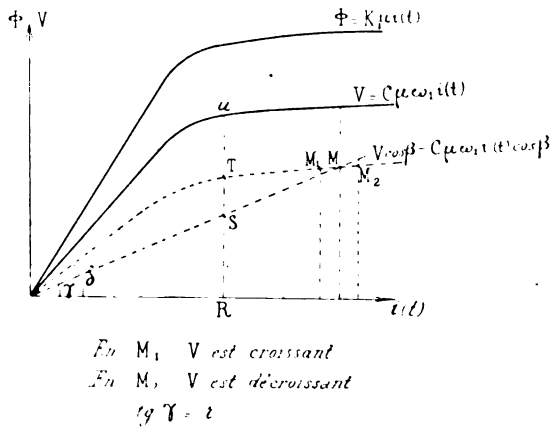


Fig. 6.

tipliant les ordonnées par le coefficient constant  $\frac{C\omega_1}{K}$ . Nous obtenons ainsi la courbe de la tension  $V$  aux bornes de la machine en fonction du courant d'excitation.

» Traçons enfin la courbe déduite de la précédente en multipliant ses ordonnées par le coefficient constant  $\cos\beta$ .

» Menons alors la droite qui fait avec l'axe des courants d'exci-

tation un angle  $\gamma$  tel que  $\tan \gamma = r$ , résistance de l'enroulement d'excitation.

» A l'instant  $t$  de la période d'amorçage, le courant d'excitation a pour valeur  $OR = i(t)$ .

» Le voltage  $V$  aux bornes est égal à  $RU = C\omega_{\mu} i(t)$ .

» Le vecteur  $RT$  qui a pour valeur  $C\mu\omega_{\mu} i(t) \cos \beta$  est égal au vecteur  $OA$  du diagramme.

» Le vecteur  $RS$  a pour valeur  $ri(t)$ .

» Par suite, le vecteur  $ST$  a pour valeur d'après le diagramme  $B\mu i'(t) + B'\mu' i(t)$ . Il représente la partie de la force électromotrice de self-induction dans l'enroulement d'excitation, due à la variation de grandeur du flux  $\Phi$  au cours de l'amorçage.

» On retrouve sur ces courbes les conditions d'amorçage

$$\tan \gamma < \tan \delta,$$

c'est-à-dire

$$r < C\mu\omega_{\mu} \cos \beta.$$

» A mesure que la machine se sature, la partie de la force électromotrice de self due à la variation de grandeur du flux va en diminuant pour s'annuler pendant le régime permanent durant lequel le flux  $\Phi$  reste constant.

» Le point  $M$  caractérise le régime permanent. Il est facile de voir de nouveau sur cette figure que le régime est stable. On se rendra compte également que ces conditions d'amorçage sont exactement celles d'une génératrice shunt à courant continu dont on a décalé les balais du même angle  $\beta$  que ceux de la génératrice polyphasée.

» En réalité, dans la génératrice polyphasée, il n'est pas possible pratiquement de décaler les balais qui devraient entraîner avec eux l'enroulement de compensation. On réalise pratiquement la variation de l'angle  $\beta$  du courant d'excitation avec la tension aux bornes, au moyen d'un convertisseur de phase.

» Quant à la tension de régime, il est facile de voir sur le diagramme qu'on peut la régler, sans influencer la fréquence, au moyen d'un rhéostat, exactement comme pour la génératrice à courant continu.

» *Fonctionnement en charge.* — Le diagramme de fonctionnement

à vide (*fig. 7*) nous donne, pour la valeur de la fréquence à vide,

$$\omega = \frac{A}{K} \omega_1 \sin \beta,$$

en remarquant que les forces électromotrices d'induction produites par le flux tournant  $\Phi$  ont pour valeur :  $K\omega\Phi$  dans l'enroulement d'excitation et  $A\omega_1\Phi$  dans l'enroulement principal.

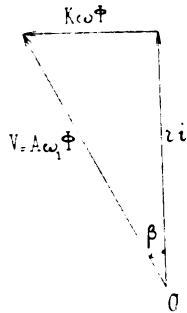


Fig. 7.

» Traçons le diagramme de fonctionnement en charge (*fig. 8*). La machine débite un courant  $I$  faisant un angle  $\varphi$  avec la tension

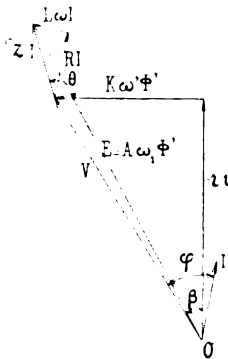


Fig. 8.

aux bornes. Ce courant produit une chute de tension  $ZI$ ,  $Z$  étant l'impédance de la machine.

» La tension aux bornes est la résultante de la force électromotrice d'induction  $E = A\omega_1\Phi'$  produite par le flux principal dont la valeur est maintenant  $\Phi'$  et de la chute de tension  $ZI$  due à l'impédance de la machine.

» Projignons encore l'ensemble de ces vecteurs sur le vecteur

$K\omega\Phi'$  qui représente la force électromotrice d'induction produite par  $\Phi'$  dans l'enroulement d'excitation. Nous en tirons la relation

$$K\omega'\Phi' = A\omega_1\Phi' \sin\beta - ZI \cos\theta,$$

$$\omega' = \frac{A}{K}\omega_1 \sin\beta - \frac{ZI \cos\theta}{K\Phi'},$$

$$\omega' = \omega - \frac{ZI \cos\theta}{K\Phi'}.$$

» La quantité  $\frac{ZI \cos\theta}{\Phi'}$  représente la variation de fréquence en charge.

» On rendra celle-ci très faible en calculant la machine de façon que l'angle  $\theta$  du vecteur  $ZI$  et du vecteur  $K\omega\Phi'$  soit égal à  $\frac{\pi}{2}$  pour le facteur de puissance moyen de la génératrice.

» *Fonctionnement au synchronisme.* — Si le rotor tourne à la vitesse du synchronisme, la force électromotrice induite dans le rotor est nulle. Toute la puissance de la machine est fournie par l'enroulement de compensation. Le rotor ne sert plus qu'à compenser le flux de l'enroulement de compensation.

» Dans ces conditions, la tension entre lames et les pertes dans le fer du rotor sont nulles. La génératrice fonctionne dans les conditions les plus avantageuses au point de vue de la commutation et du rendement.

» Toutefois, ces conditions ne seront pas réalisées dans les machines à grande vitesse. Par exemple, une machine à deux pôles, tournant à 9000 tours pour produire du courant à 50 périodes, tourne à trois fois la vitesse du synchronisme. Le rotor fournit alors une puissance égale à deux fois la puissance totale, et la tension aux balais est égale à deux fois la tension totale. La moitié de la puissance et de la tension ainsi produites sont absorbées dans l'enroulement de compensation. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Verdurand de son intéressante Communication.

La séance est levée à 23 h 20 m.

## RÉSUMÉ DES COMMUNICATIONS ÉTRANGÈRES.

---

### Discussion de la Communication de M. Newbury sur le « Démarrage des moteurs synchrones » <sup>(1)</sup>. (*Amer. Inst. Elect. Engin.*, janvier 1914.)

M. William J. Foster indique un procédé de démarrage qui donne de bons résultats; il consiste à ne court-circuiter l'enroulement d'excitation que quand les deux tiers environ de la vitesse sont atteints.

M. August H. Kruesi demande quelques détails de construction sur les machines expérimentées par M. Newbury qui donne les renseignements suivants :

|                                                       |      |
|-------------------------------------------------------|------|
| Nombre d'encoches par pôle.....                       | 12   |
| Longueur radiale de l'entrefer (en mm).....           | 4,76 |
| Nombre de barres de l'amortisseur par pôle.....       | 7    |
| Profondeur des encoches de l'armature (en mm).....    | 22,3 |
| Profondeur des encoches de l'amortisseur (en mm)..... | 29,2 |

M. R. B. Williamson remarque que, pour beaucoup de moteurs synchrones, la fermeture du circuit d'excitation diminuerait le couple beaucoup plus que dans les cas cités par M. Newbury; cette particularité dépend de l'étude de la machine. Lorsque le rotor n'est pas laminé, les tensions induites dans le bobinage d'excitation sont considérablement abaissées. M. Williamson a fait des essais de démarrage sur un petit turbo-alternateur et a trouvé que les machines à rotor de révolution ne sont pas inférieures aux machines à pôles saillants au point de vue du couple de démarrage et de la facilité d'accrochage.

M. H. M. Hobart pense que c'est en se rapprochant du moteur d'induction que les moteurs synchrones feront des progrès. Dans le moteur d'induction à cage d'écureuil, un bon couple de démarrage entraîne un mauvais rendement, cela ne se produira pas dans le moteur synchrone qui en tirera une réelle supériorité.

M. Newbury répond à M. Hobart que, dans la construction des moteurs synchrones, les pôles saillants permettent des dimensions moindres et une économie notable.

M. C. P. Steinmetz constate que, c'est un fait maintenant fort connu des ingénieurs que les moteurs synchrones démarrent parfaitement et s'accrochent sous charge en absorbant, il est vrai, un courant exagéré, mais pas supérieur à celui des grands moteurs à cage d'écureuil d'un bon rendement, dont ils ne diffèrent d'ailleurs que par les proportions de leurs parties. Les principales différences sont les suivantes :

1° Le moteur synchrone a un rotor dont la réluctance n'est pas la même dans toutes les directions : ce qui est un défaut au point de vue du démarrage et peut amener l'accrochage à demi-vitesse.

---

(<sup>1</sup>) Analysée dans le présent *Bulletin*, janvier 1914, p. 104.

2° Son entrefer est grand : cela rend le couple de démarrage plus uniforme, ce qui est avantageux.

3° La résistance de son bobinage rotorique est plus grande que dans le moteur d'induction, ce qui augmente le couple de démarrage.

En somme, au point de vue du démarrage, le moteur synchrone est plutôt favorisé.

M. C.-P. Steinmetz montre comment on peut déduire des oscillogrammes de M. Newbury la valeur du torque à chaque instant du démarrage, ainsi que les velléités d'accrochage aux vitesses sous-multiples de celle du synchronisme : le torque diminue beaucoup au quart, à la moitié et un peu aussi aux trois quarts de la vitesse synchrone. L'orateur est très partisan de l'emploi du moteur synchrone auquel il prédit un grand développement dans l'avenir.

En réponse à des questions posées, M. Newbury explique qu'il faut doser la résistance de la cage d'écureuil qui sera faite soit de laiton soit de cuivre, suivant qu'on veut obtenir un assez grand couple dès le départ ou qu'on veut réaliser l'accrochage sous une très forte charge au moment du passage au synchronisme. Les moteurs à faible vitesse angulaire (moteurs ayant beaucoup de pôles) ne démarrent et ne s'accrochent qu'avec 15 pour 100 environ de leur pleine charge; seuls les moteurs à 2, 4 ou 6 pôles s'accrochent à des charges très élevées : cela tient aux proportions des différentes parties du moteur.

M. C. P. Steinmetz fait observer que l'accrochage n'est pas seulement une question de charge, mais surtout une question de moment à obtenir pour passer du régime asynchrone au régime synchrone, et il peut se trouver qu'un moteur s'accroche plus difficilement à vide que sous charge. Le moment d'accrochage est meilleur dans le moteur à pôles saillants que dans le moteur à rotor de révolution, mais en revanche ce dernier a une accélération plus grande pendant le démarrage.

M. C. J. Fechheimer communique par lettre les observations suivantes :

Il y a lieu de n'employer que des moteurs à pôles massifs afin de diminuer les tensions induites dans les bobinages excitateurs; ces tensions deviennent assez faibles pour que le démarrage à circuit ouvert, qui diminue l'afflux de courant, puisse être réalisé.

Dans un moteur essayé par M. Fechheimer, le rotor était recouvert d'une carapace conductrice dans laquelle se développaient les courants de Foucault; cela augmentait énormément le couple.

Dans un tel moteur le couple varie comme la puissance 2,5 de la tension et comme la puissance 1,73 du courant, le courant varie comme la puissance 1,38 de la tension, les kilowatts appliqués comme la puissance 2,53 de la tension, le couple comme la puissance 1,05 des kilovolts-ampères appliqués, le couple est proportionnel à la puissance appliquée au rotor.

#### **Sur les lignes de transmission électrique, par Lee HAGOOD.**

(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, décembre 1913.)

L'auteur expose, sur la régulation de la tension par « condensateurs synchrones », les idées générales qui se trouvent déjà dans les Communications de MM. Parker et Dwight), mais il développe plus en détails la théorie de ce système.

D'après l'auteur, le meilleur procédé pour régulariser la tension est d'employer des condensateurs synchrones et des survolteurs-série, les condensateurs synchrones constituent une bonne protection contre les surtensions qui accompagnent une brusque chute de charge.

**Discussion de la Communication de M. John C. Parker sur « L'emploi industriel des moteurs synchrones » et de celle de M. H. B. Dwight sur les « Transmissions à tension constante <sup>(1)</sup> ».** (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, janvier 1914.)

M. F. D. Newbury constate que la fréquence 60 finira par être adoptée <sup>(2)</sup> pour toutes les applications et même pour la traction, car des commutatrices de 1000 kw à 60 périodes sont devenues d'un emploi fréquent. Les commutatrices conviennent très bien à relever la tension et le facteur de puissance.

M. N. E. Funk donne quelques chiffres montrant que l'emploi de condensateurs synchrones peut entraîner une économie de l'ordre de 20 pour 100 sur la machinerie électrique; par contre, M. Burton Mc Collum pense que les économies signalées par M. H. B. Dwight sont plutôt apparentes que réelles.

M. H. B. Dwight est partisan des régulateurs automatiques dont a parlé M. Parker dans sa Communication. En ce qui concerne l'unification de la fréquence, il croit que la fréquence 25 continuera à être employée dans la traction électrique monophasée et triphasée.

M. O. Dell Plain pense que, pour décider les consommateurs à s'intéresser au facteur de puissance d'un réseau, il faut tarifier les kilovolts-ampères, et qu'il serait nécessaire d'inventer des compteurs de kilovolts-ampères.

M. Henry W. Peck pense que les moteurs synchrones ne peuvent être conduits que par un personnel expérimenté et que cela en limite l'emploi.

**Une sous-station dans le district minier de Cœur d'Alène, par John B. Fiske.**

(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, septembre 1913.)

Cette Communication décrit une sous-station construite par la Washington Water Power Company pour fournir du courant triphasé à 2300 volts aux mines de Bunker Hill et Sullivan. Le courant est amené par une ligne double à 60 000 volts. Le local de la sous-station est entièrement en acier; un tel bâtiment a été préféré parce qu'il est plus facilement démontable et transformable qu'un bâtiment de briques. L'auteur donne la description complète de l'équipement de la sous-station, où il est fait grand usage d'appareils automatiques (thermostats, signaux d'alarme, etc.). Le prix total de la construction, le prix par kilovolt-ampère installé et les frais annuels d'exploitation sont indiqués ainsi qu'une table qui montre comment se distribue en moyenne le prix de la force motrice et de la lumière et le prix de ces deux services pour les différentes opérations de la mine.

La puissance totale demandée pour les moteurs de la mine est d'environ 3000 chevaux.

DISCUSSION DE LA COMMUNICATION PRÉCÉDENTE. (*Amer. Inst. Electr. Eng.*, février 1914.)

M. W. V. Hunt trouve très intéressante la sous-station décrite qui est en quelque sorte portable. Il attire l'attention sur des sous-stations qui seraient installées dans des wagons de chemin de fer; elles rendraient de grands services dans les districts miniers.

M. C. F. Terrel blâme l'emploi, dans la sous-station décrite, de transformateurs à refroidissement naturel.

---

<sup>(1)</sup> Analysées dans le présent *Bulletin*, janvier 1914, p. 103 et 105.

<sup>(2)</sup> En Amérique.

dissement par l'eau, moins chers, mais d'une surveillance plus absorbante pour le personnel.

M. Frederick D. Nims juge qu'il eût été prudent de remplacer les transformateurs triphasés par des transformateurs monophasés en delta.

M. L. G. Robinson pense que les sous-stations doivent être construites d'une façon économique, qu'il faut pouvoir avec facilité couper automatiquement les lignes à haute tension, mais qu'il ne faut pas abuser de l'automatisme et laisser au personnel une certaine responsabilité pour qu'il ait conscience de son rôle.

M. Miller remarque que les sous-stations roulantes de convertisseurs rotatifs existent déjà dans les chemins de fer et fonctionnent d'une façon satisfaisante.

M. R. F. Hayward explique que, sur la côte du Pacifique, le prix élevé de la main-d'œuvre engage les exploitants à faire usage d'appareils automatiques. Aujourd'hui on a une tendance à traiter le transformateur comme une partie de la ligne et si des postes de transformation très simples, dans le style de la sous-station dont a parlé M. Fiskén, étaient mis au point, on pourrait amener la tension de 60 000 volts jusqu'au voisinage du point d'utilisation. L'orateur déclare que, de l'expérience acquise dans les installations du Far-West, se dégage l'enseignement suivant : il vaut mieux une bonne ligne solide qu'une ligne double; il faut éviter les connexions compliquées soit sur les réseaux, soit dans les stations.

M. V. Karapetoff indique un moyen très simple pour signaler que les fusibles sont brûlés dans une sous-station isolée et sans surveillance permanente : on leur attache un poids qui en tombant actionne un signal d'alarme.

M. Fiskén, dans sa réponse, explique quelles circonstances locales, spécialement l'absence de routes et de moyens de transport, ont conduit à préférer les dispositions adoptées à celles qu'ont suggérées différents orateurs. Les parafoudres de la sous-station sont électrolytiques et sont chargés tous les jours. Les transformateurs triphasés à refroidissement d'eau se justifient par leur faible poids, ce qui était important, car il a fallu les hisser sur une montagne.

Le tarif adopté pour l'énergie à Cœur d'Alène est 9 dollars (15,55 fr) par kilovolt-ampère et par mois basé sur la pointe la plus élevée du mois plus un demi-cent (2,5 centimes environ) par kilowatt-heure, avec une remise de 10 pour 100 pour un contrat de 2 ans, de 15 pour 100 pour un contrat de 3 ans et de 25 pour 100 pour un contrat de 5 ans.

Dans les sous-stations, il y a des transformateurs de réserve; dans la région de Cœur d'Alène, il faut compter 3 heures pour mettre un de ces transformateurs en service en cas d'accident.

**Un câble téléphonique sous-marin dans le golfe de Georgie, par E. P. LA BELLE  
et L. P. CRIM. (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, septembre 1913.)**

La Communication décrit le câble téléphonique sous-marin récemment posé entre Point Grey et Nanaimo dans l'île de Vancouver; sa longueur est de 52,5 km. Le câble est « krarupisé », c'est-à-dire que chaque conducteur est entouré d'une hélice de fil de fer doux : c'est le premier câble de ce genre posé en Amérique. Préalablement une étude approfondie avait été faite sur les avantages comparés du procédé Krarup (self-induction uniformément répartie) et du procédé Pupin (bobines de self disposées de loin en loin); pour le cas spécial de ce câble, les résultats de cette étude avaient été nettement en faveur de la self-induction uniformément répartie. La méthode de construction et la pose du câble sont l'objet d'une description accompagnée d'illustrations.



**Electrification des lignes de montagne, par Allen H. BABCOCK.**

(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, septembre 1913.)

Cette Communication est une étude des mérites respectifs de la traction à vapeur et de la traction électrique sur un tronçon accidenté du Southern Pacific Railroad (en Californie). Les deux rampes qui constituent ce tronçon ont respectivement 49,5 et 18,3 milles (79,5 et 29,4 km) de longueur avec des inclinaisons moyennes de 1,44 et 1,33 pour 100, les rampes atteignent 2,2 pour 100 de chaque côté. On suppose que le service serait effectué pour les marchandises par des locomotives pesant 100 tonnes et pouvant remorquer des trains de 500 tonnes. Le service des voyageurs serait assuré par des locomotives de 150 tonnes. Le courant utilisé serait continu à 2400 volts amené par troisième rail. Dans l'état actuel du trafic, que le courant soit produit par la Compagnie du chemin de fer ou acheté au dehors, l'électrification du tronçon en question n'est pas justifiée si l'on se place au seul point de vue financier.

**Condenseurs de vapeurs indépendants, par W. A. DEXTER (*Inst. Elect. Eng.*, juin 1913).**

Cette Communication compare plusieurs dispositifs de condensation. Un grand nombre de dessins et de courbes illustrent des dispositifs décrits ainsi que leurs avantages relatifs à différentes conditions : température et pureté de l'eau, degré de vide désiré, effet de l'air, etc. La Communication est suivie d'une discussion.

**Refroidissement des bâtiments par la circulation de l'air dans des parois creuses,**

par J.-W. MEARES. (*Inst. Elect. Eng.*, juin 1913.)

Cette Communication expose un système de refroidissement des bâtiments dans les pays chauds par la circulation de courants d'air froids dans des cloisons creuses. On refroidit l'air en le faisant passer à la surface de l'eau d'un certain nombre de bacs peu profonds superposés, dans lesquels trempent des lambeaux de drap. L'eau s'écoule du bac supérieur au bac inférieur. A l'extrémité du système, un ventilateur électrique entraîne l'air dans les cloisons. Pour un bâtiment à un seul étage ayant  $70 \times 52 \times 18$  pieds ( $21,4 \times 16 \times 5,5$  m) soumis à une température extérieure de  $120^{\circ}$  F. ( $49^{\circ}$  C.) sur le toit et  $100^{\circ}$  F. ( $37^{\circ},8$  C.) sur les murs avec une température intérieure de  $70^{\circ}$  F. ( $21^{\circ},1$  C.), le toit de 2900 pieds carrés ( $270$  m<sup>2</sup>) demande 2500 pieds cubes ( $71$  m<sup>3</sup>) d'air, les murs Nord et Ouest (2340 pieds carrés, soit  $217$  m<sup>2</sup>), 1000 pieds cubes ( $28,4$  m<sup>3</sup>) et les murs Sud et Est (1700 pieds carrés, soit  $158$  m<sup>2</sup>), 750 pieds cubes ( $21,3$  m<sup>3</sup>) d'air par minute, soit en tout 4250 pieds cubes ( $121$  m<sup>3</sup>). La quantité d'eau correspondante employée a été de 29 gallons (132 litres) à l'heure et le moteur devrait être de 0,6 unité, prenant 0,6 unité à l'heure, ce qui, pour 9 heures de jour, fait à peu près 5,5 unités. On propose d'appliquer ce système au refroidissement des wagons.

**Formation de dépôts dans les transformateurs refroidis par l'huile,**

par A. C. MICHIE. (*Inst. Elect. Eng.*, juin 1913.)

L'huile est employée dans les transformateurs à la fois comme isolant et comme milieu réfrigérant. Il est donc à désirer que ce milieu garde les qualités suivantes : 1<sup>o</sup> haut isole-

ment; 2° ininflammabilité; 3° limpidité suffisante pour que la circulation se fasse aisément entre les bobinages; 4° stabilité et inactivité au point de vue chimique. La Communication traite de quelques-unes de réactions chimiques qui se produisent par l'usage dans l'huile des transformateurs et plus particulièrement de la formation des dépôts solides sur les bobinages et sur d'autres parties des transformateurs. Ces dépôts se présentent sous de nombreuses formes, depuis une boue onctueuse et jaune pâle, jusqu'à des masses dures, brunes ou noires. Leur présence gêne la circulation de l'huile et par suite entraîne des élévations de température des bobinages. On a fait plusieurs hypothèses pour expliquer la formation de ces dépôts : on a supposé qu'ils étaient dus à la séparation des paraffines solides contenues dans l'huile, à la précipitation de particules solides sous l'influence du champ électrique, à la désintégration par l'huile des vernis et autres substances qui entrent dans la confection des bobinages, à la polymérisation de l'huile sous l'action de la chaleur. L'auteur expose une cinquième théorie d'après laquelle ces dépôts seraient dus à l'oxydation des parties non saturées de l'huile par l'air. Pour vérifier l'exactitude de cette théorie, un certain nombre d'échantillons d'huiles de transformateur ont été soumis à l'action d'un courant d'air chaud en présence du cuivre et d'autres métaux. Les différentes huiles de transformateur soumises à cet essai ont donné des résultats très divers. En général, les huiles ont noirci et leur acidité a augmenté; mais, tandis que dans quelques cas les huiles restaient claires et limpides, dans la majorité des cas elles devenaient troubles par suite de la formation de matières solides. Pour séparer la matière solide, les huiles furent diluées dans de l'essence de pétrole et filtrées; le résidu était pesé après un lavage à l'essence de pétrole qui enlevait l'excès d'huile. Dans quelques cas il ne resta aucun dépôt, tandis que dans d'autres le poids du dépôt atteignit 2,5 pour 100 du poids de l'huile employée. Ces différences entre les résultats donnés par les divers échantillons ne sont pas pour surprendre, car les différentes huiles ont des caractères chimiques variés qui dépendent de l'origine de l'huile brute, de la méthode de distillation et du degré de raffinage. Quoique la température de 150° C. ait été choisie pour les essais en vue de produire une action oxydante rapide, il est probable que les boues se forment à des températures relativement basses, si l'huile est longtemps exposée à l'air et, dans un transformateur, il y a encore diverses autres conditions qui accélèrent la formation des boues, en particulier la présence de l'ozone doit hâter leur formation. Dans un courant d'air ozonisé un dépôt considérable a été formé à 90° C. en un temps relativement court. La vitesse de la formation des dépôts est encore accélérée par la présence de certain métaux et notamment du cuivre. Pour éprouver cette action, les métaux furent introduits dans l'huile sous formes de lames très minces présentant une aire totale de 4,5 pouces carrés (29 cm<sup>2</sup>); on fit barboter l'air à raison de 0,07 pied cube (1,96 litre) à l'heure. La température était 150° C. et les essais ont duré 45 heures. Dans beaucoup de cas on a trouvé que le cuivre avait une influence importante : il augmentait la quantité de boues déposées en un temps donné. Plus la surface de métal en contact était grande, plus grande était l'influence sur la vitesse de l'oxydation. Ainsi une huile qui, traitée par l'air sans la présence de métaux, ne donnait aucune boue après 45 heures, se mettait à en donner une proportion de 0,5 pour 100 quand l'essai était répété sur un échantillon de la même huile contenant une feuille de cuivre de 29 cm<sup>2</sup> de surface dans les mêmes conditions, la même huile a donné 1,8 pour 100 de boues avec une feuille de cuivre de 160 cm<sup>2</sup>. Le cuivre, qui, d'une façon générale, n'est que très légèrement attaqué, n'entre pas dans la composition des dépôts et joue ici, comme dans beaucoup de phénomènes d'oxydation, le rôle d'agent catalytique. Le plomb montre généralement des signes de corrosion et entre dans la composition des

dépôts qui ont alors une couleur jaune pâle caractéristique; dans un des dépôts on a trouvé 36 pour 100 de plomb. La quantité de boues qui se sépare dans le phénomène d'oxydation dépend du degré de raffinage de l'huile. Quoiqu'on trouve sur le marché beaucoup d'huiles pour transformateurs qui, après un essai d'oxydation de 45 heures, ne donnent aucun dépôt, on n'en rencontre pas qui remplissent la même condition après un traitement prolongé. L'auteur ne connaît qu'un exemple d'une huile qui, au bout de 150 heures, n'avait encore donné aucun dépôt. Il ne faut pas envisager seulement la qualité de l'huile, mais aussi l'étude du transformateur et, si l'on veut supprimer ou diminuer les dépôts de matières solides ou de boues, il faut éviter : 1° les trop grandes élévations de température; 2° une circulation d'air excessive et inutile; 3° toutes les circonstances qui provoqueraient la formation de l'ozone; 4° le contact de l'huile avec des surfaces de cuivre, de fer et de plomb.

#### Aspect commercial du problème du chauffage et de la cuisine électrique,

par T. P. WILMSHURST. (*Inst. Elect. Eng.*, juin 1913.)

Dans cette Communication on donne la perte de poids subie par plusieurs espèces de viandes cuites par le charbon, le gaz et l'électricité. Dans le cas du porc, l'économie est particulièrement appréciable. L'auteur décrit une bouilloire spécialement étudiée pour chauffer l'eau; elle consomme en régime normal 1200 watts; mais, en poussant la puissance à 2000 watts, on porte 3 pintes (1,75 litre) d'eau à l'ébullition en 6 minutes avec un rendement supérieur à 98 pour 100.

L'auteur trouve que la consommation d'énergie avec un four incandescent s'élève d'ordinaire à 1 ou 1,5 unité par personne et par jour. Le régime de 1 unité peut entrer en lutte avec le gaz si le prix de l'unité est de 1 d. (0,1 fr) et si le prix du gaz est de 2 s. 6 d. les 1000 pieds-cubes (0,103 fr le mètre cube).

En ce qui concerne le chauffage, une bonne règle fixée par la pratique du chauffage par l'eau chaude est la suivante

$$\text{Puissance (en kw)} = \frac{(30 A + 8 B + n C) \times 20,4 t}{60 \times 60 \times 1000},$$

où  $A$  est la superficie des fenêtres et  $B$  la superficie des murs en pieds carrés,  $C$  le volume de la pièce en pieds cubes,  $n$  le nombre de fois que l'air est renouvelé par heure,  $t$  l'élévation de température de l'atmosphère à obtenir en degrés Fahrenheit. L'auteur décrit les appareils de chauffage à vapeur Therol, Belenus et Belling et conclut que, pour le chauffage, il est plus économique de ne pas employer l'électricité, mais l'eau chaude avec un poêle à coke comme source de chaleur. Dans la discussion, M. F. S. Grogan indique des méthodes pour cuire électriquement les aliments. M. J. D. Morrison a trouvé qu'au point de vue de la perte de poids il est préférable de ne pas employer des fours électriques portés à l'incandescence, mais des fours à température modérée.

#### Les locomotives électriques, par F. LYDALL. (*Inst. Elect. Eng.*, octobre 1913.)

Cette Communication est une étude des problèmes ayant trait à l'état actuel de nos connaissances sur la construction des locomotives électriques. L'auteur distingue 23 modèles existant, en service dans toutes les parties du monde, et qui peuvent être considérés comme caractérisant des types distincts. Pour chaque modèle, l'aménagement général

est représenté sur un dessin et les chiffres relatifs aux dimensions et à l'équipement sont donnés dans une Table. La majeure partie de la Communication traite de l'adaptation de chaque type à un service déterminé. On a besoin de quatre types de locomotives pour assurer le service des grandes lignes : un type pour le service des gares (manœuvres, composition des trains), un type pour les trains de messageries, un autre pour les lignes d'intérêt local, et enfin un type pour les trains express. Les autres genres de service peuvent utiliser un des types précédents. L'auteur considère ensuite les détails aux divers points de vue suivants : frais de premier établissement (il montre que ces frais dépendent presque uniquement de l'étude de la machine), frais d'entretien, frais annexes (comprenant tout ce qui concerne la voie, les ponts, les viaducs, etc.), du freinage, la visibilité de la voie pour le conducteur (ainsi que tout ce qui concerne les aises de celui-ci). L'auteur donne des exemples concrets de projets convenant aux quatre services énumérés ci-dessus; il n'examine pas la question du système d'alimentation, mais à tous les autres points de vue, il discute d'une façon générale le problème mécanique et électrique de la locomotive.

**Calculs pratiques sur les courants téléphoniques, par A. J. ALDRIDGE.**

(*Inst. Elect. Eng.*, juillet 1913.)

Cette Communication traite de moyens simples de faire, dans les conditions de la pratique usuelle, des calculs qui s'accordent avec l'expérience. Donnant l'équation de propagation dans l'hypothèse où la force électromotrice agissante est de la forme  $e = E \sin pt$ , l'auteur en déduit des formules générales pour l'intensité et la différence de potentiel en tous les points d'un câble terminé par une impédance à ses deux bouts. Il décrit ensuite la ligne type et les appareils récepteurs et transmetteurs types auxquels seront comparés les lignes et appareils à étudier. La méthode de calcul consiste à diviser la ligne en sections possédant résistance, self-induction, capacité et fuites et à appliquer le calcul vectoriel à chaque portion. La construction graphique est simplifiée grâce à un instrument spécial (représenté sur une figure) dont il donne le mode d'emploi. Il considère ensuite quelques applications pratiques et donne les résultats obtenus : effets des appareils terminaux sur un câble non chargé, sur de gros câbles aériens et sur des câbles pupinisés. L'auteur montre qu'une ligne souterraine placée à la suite d'une ligne aérienne n'a pas tous les effets fâcheux qu'on imagine d'ordinaire; néanmoins le fonctionnement est plus mauvais que si toute la ligne avait été aérienne. L'auteur étudie ensuite l'influence des appareils terminaux.

Des oscillogrammes ont été relevés en vue de déterminer la fréquence prédominante de la voix. Il semble que la voix contienne une onde fondamentale faible de fréquence assez basse (environ 160 périodes par seconde) et un harmonique 5 (800 périodes par seconde) très important. Dans la pratique, seul l'harmonique est intéressant.

Dans ses conclusions, l'auteur reconnaît qu'il ne faut pas demander à sa méthode une rigueur mathématique, mais elle donne des résultats en général suffisants pour la pratique. D'ailleurs les calculs rigoureux en cette matière sont inextricables et hors de la portée de la plupart des ingénieurs. Sa méthode, d'après lui, convient spécialement : à l'étude des effets des appareils terminaux, des lignes hétérogènes, des lignes pupinisées, des effets produits par l'insertion de différents appareils sur les lignes. Dans la discussion qui a suivi cette Communication, différents orateurs ont contesté l'utilité de la méthode simplifiée de l'auteur et l'exactitude de ses conclusions. Les principaux arguments mis en avant par les contradicteurs sont que la voix humaine contient des harmoniques de

fréquences variées, que les phénomènes de réflexions deviennent alors très compliqués, que l'impédance des différentes parties des circuits téléphoniques varie avec la fréquence, et que les pertes varient d'un moment à l'autre, de sorte que l'essai d'une ligne avec une fréquence constante ne donne que des renseignements insuffisants; en somme, il semble résulter de la discussion, que les ingénieurs anglais considèrent les calculs en cette matière comme à peu près impossibles à cause du grand nombre des variables.

**Dispositif pour les mesures téléphoniques, par A. K. ERLANG.**

(*Inst. Elect. Eng.*, octobre 1913.)

Le dispositif décrit, employé déjà depuis plusieurs années à la Compagnie des Téléphones de Copenhague, permet de mesurer en courant alternatif des impédances par une méthode d'opposition. Une source de courant alternatif sinusoïdal alimente : 1<sup>o</sup> le primaire d'un transformateur sans fer à coefficient d'induction mutuelle variable; 2<sup>o</sup> deux circuits dérivés : l'un purement ohmique, l'autre inductif. Ces deux circuits dérivés contiennent chacun un fil rectiligne calibré dont le milieu est un point de symétrie pour chaque circuit. Entre deux points pris chacun sur un de ces fils calibrés existe une différence de potentiel dont la grandeur et la phase peuvent être déterminées d'avance. Pour mesurer une impédance avec cet appareil, on la met en série avec une résistance ohmique connue et l'on alimente l'ensemble ainsi formé par le secondaire du transformateur sans fer. On détermine par une méthode de zéro les différences de potentiel aux bornes de la résistance et aux bornes de l'impédance en faisant usage des deux fils calibrés. La Communication donne des exemples de l'application de cette méthode à des mesures sur des lignes téléphoniques.

**La sensibilité électrique des flammes et son application, par M. BRUNO THIEME.**

(*Elektrotechn. Verein*, 2 février 1914.)

Le conférencier a trouvé que l'on pouvait retirer le carbone d'une flamme de bougie au moyen d'un courant continu. Dans ce but il dispose dans la flamme de bougie deux électrodes, entre lesquelles est appliquée une tension de courant continu d'environ 15 volts; le carbone se dépose alors sur l'électrode négative sous la forme de petits rameaux très fins. L'expérience a été présentée au moyen d'un appareil à projection. Le conférencier a indiqué un procédé pour obtenir du carbone, qui est basé sur ce phénomène. Le carbone ainsi obtenu se distinguerait par une finesse particulière et conviendrait particulièrement à l'industrie des couleurs. Le conférencier a de plus observé que, lors de la fermeture du circuit, la flamme manifestait un tremblement sensible. Il a l'intention d'utiliser ce phénomène en particulier pour établir un récepteur télégraphique très simple.

**Surintensité et surtension dans la mise en circuit de moteurs à courants alternatifs et de transformateurs, par M. le Dr LINKE. (*Elektrotechn. Verein*, 3 février 1914.)**

Le conférencier a d'abord décrit la façon dont se produisent les intensités lors de la mise en circuit des appareils inductifs. Si un circuit principalement inductif est soumis à une tension alternative et si la mise en circuit a lieu dans le voisinage du zéro de la courbe de

tension, le flux magnétique atteint dans la première période après la mise en circuit à peu près le double de sa valeur normale. Si maintenant le fer contenu dans le circuit magnétique est déjà à peu près saturé par le courant normal, il se produit dans ce redoublement passager du flux une saturation successive, et alors la valeur du courant peut monter jusqu'au centuple du courant excitateur normal. Cette variation considérable de courant est particulièrement gênante dans la mise en circuit de moteurs et de transformateurs par le fait qu'elle fait déclencher les disjoncteurs à maxima. On évite cette variation de courant en employant des disjoncteurs avec contact-auxiliaire, dans lesquels la mise en circuit a d'abord lieu sur une résistance.

Un cas particulier se présente dans la mise en circuit des moteurs asynchrones avec induit en court circuit, dont on amène le rotor près du synchronisme par un entraînement extérieur. Par suite du phénomène ci-dessus, au moment de la mise en circuit, le champ tournant normal ne se forme pas immédiatement; le rotor tourne donc d'abord dans un champ stationnaire, ce qui engendre de forts courants de court circuit.

Le conférencier parle ensuite des surintensités qui apparaissent lors du court circuit subit de générateurs, surintensités qui font que les enroulements de ces machines sont soumis à un travail mécanique extraordinairement élevé. Pour diminuer ces courants de court circuit, on emploie souvent des bobines de réaction qui sont adjointes aux générateurs d'une façon permanente. Ce moyen ne doit jamais être employé que d'une façon restreinte et c'est pourquoi il faut que les machines soient construites de telle sorte que, lors d'un court circuit, elles puissent résister au travail mécanique.

Le conférencier parle ensuite de la répartition des tensions statiques lors de la mise en circuit des moteurs et des transformateurs, où par suite de la réflexion de l'onde de tension, la self-induction de l'enroulement peut produire entre les spires initiales des différences de tension dont l'ordre de grandeur est voisin de la tension d'exploitation. Ces surtensions dangereuses peuvent, elles aussi, être ramenées à une valeur admissible par l'emploi de disjoncteurs de protection avec avant-contact. La question de ces « ondes mobiles » n'a été que brièvement effleurée par le conférencier et renvoyée d'ailleurs à la série de conférences qui commenceront le 16 février, au cours desquelles ce sujet sera traité d'une façon détaillée.

#### L'état actuel de la Téléphotographie, par M. le Dr KORN.

(*Elektrotechn. Verein*, 17 février 1914.)

Le professeur Korn a fait le 17 février, à l'Union électrotechnique, une conférence sur l'état actuel de la Téléphotographie et en particulier sur un nouveau relais réglable pour le renforcement des courants qui étaient fournis jusqu'ici par la méthode du sélénium. Il a décrit ensuite les appareils récents, tant ceux qui sont basés sur la méthode du sélénium que ceux qui sont basés sur la méthode téléautographique.

Depuis qu'en février 1907 les premières transmissions téléphotographiques, furent établies entre Munich et Berlin par la méthode au sélénium, on a travaillé sans répit à la mise au point des appareils, aussi bien d'après la méthode du sélénium que d'après la méthode téléautographique (noirs et blancs). La méthode du sélénium repose, comme on sait, sur la sensibilité du sélénium à la lumière, c'est-à-dire sur la propriété que possède ce corps de changer de résistance avec l'éclairement. Une photographie sous forme de film transparent est enroulée autour d'un cylindre de verre, et la lumière d'une lampe Nernst est concentrée sur un élément de la photographie au moyen

d'un système de lentilles. La lumière traverse le film et le cylindre de verre et tombe sur une cellule de sélénium qui, ainsi, reçoit plus ou moins de lumière suivant la transparence de l'élément de la photographie traversé par la lumière; si l'on conduit le courant d'une batterie constante à travers la cellule du sélénium jusqu'à un poste récepteur éloigné, l'intensité du courant reçu correspond aux tons des éléments correspondants de la photographie d'origine. Le cylindre transmetteur tourne d'un mouvement uniforme et avance un peu, à chaque tour, parallèlement à l'axe du cylindre, si bien que les éléments de la photographie d'origine, élément par élément, ligne par ligne, sont explorés; ensuite l'image est reproduite photographiquement au poste récepteur au moyen des courants produits.

Les détails du récepteur, le galvanomètre à corde employé par Korn, le perfectionnement du procédé par la diminution des défauts d'inertie du sélénium à l'aide du compensateur au sélénium de Korn, ont déjà été souvent discutés dans la presse technique et aussi dans les journaux quotidiens.

De 1907 à 1909, de fréquentes transmissions ont été faites à l'aide de cette méthode au sélénium, entre Berlin et Paris, Paris et Londres, Londres et Manchester, Berlin et Copenhague, Copenhague et Stockholm. Le procédé a été employé d'une façon particulièrement fréquente par le journal anglais *The Daily Mirror* qui a souvent publié à Londres, dans son édition du matin, des images d'actualité de Manchester et de Paris, qui n'auraient pu être publiées par la poste qu'un jour plus tard. Dans ces transmissions s'est révélé un défaut regrettable, inhérent aux transmissions par sélénium : les courants de ligne dont on dispose dans cette méthode sont très faibles (au maximum 1 milliampère) et pour cette raison, les transmissions ont été souvent troublées par des perturbations qui étaient plus fortes que les courants de ligne employés à la transmission. Aussi ce qui importa avant tout à la phototélégraphie fut de perfectionner le procédé de façon que l'on pût disposer pour la transmission de courants de ligne sensiblement plus grands. Pendant que le professeur Korn s'efforçait de résoudre ce problème dont il indiqua la solution dans sa conférence et ses démonstrations, il élaborait en collaboration avec le professeur Dr Br. Glatzel, en même temps que la méthode au sélénium, la méthode téléautographique. Cette méthode utilise encore dans le récepteur un galvanomètre à corde; mais dans le transmetteur, elle n'utilise pas la sensibilité du sélénium, et revient à un principe connu depuis 70 ans déjà.

La méthode téléautographique n'a d'abord servi qu'à la transmission de manuscrits et de dessins; le manuscrit ou le dessin était placé sur une feuille métallique, dans un corps non conducteur de l'électricité, et la feuille était enroulée autour d'un cylindre tournant sur lequel appuyait une fine pointe métallique qui, semblable à la pointe du phonographe, se déplaçait très légèrement dans la direction de l'axe du cylindre à chaque tour. La pointe parcourait ainsi la feuille entière en suivant une fine ligne en spirale. Chaque fois qu'elle touchait un point conducteur de la feuille, un courant était envoyé au poste de réception éloigné, tandis que le courant était interrompu, quand la pointe touchait un point non conducteur de la feuille (autrement dit une partie du manuscrit ou du dessin). L'image pouvait être de nouveau reproduite dans le récepteur à l'aide des pulsations de courant arrivant dans le récepteur. Les anciens procédés (Bain, Bahewell, Caselli et autres) fonctionnaient trop lentement pour assurer à l'appareil un emploi pratique; mais grâce à l'introduction du galvanomètre à corde dans l'appareil de réception et grâce à l'enregistrement photographique, la vitesse de transmission est devenue désormais si grande que la méthode est d'un usage pratique, et cela, non seulement pour la transmission de manuscrits et de dessins, mais aussi pour la transmission d'images qui

ont été auparavant transformées par le procédé de l'autotypie en images blanches et noires. En effet, avec le téléautographe Korn qui a souvent fonctionné avec d'excellents résultats dans ces dernières années entre Berlin et Paris, Paris et Londres, Londres et Manchester, Paris et Monte-Carlo, voire même entre Berlin et Monte-Carlo, on a pu transmettre des images encore plus fines qu'avec l'aide de l'appareil à sélénium. La méthode téléautographique peut opérer avec des courants de ligne plus grands, 10 à 20 milli-ampères, et c'est la raison pour laquelle on l'a préférée ces temps derniers à la méthode au sélénium.

Mais il était à prévoir que la méthode au sélénium reprendrait ses droits, quand il s'agit de très grandes distances, en particulier dans la transmission par de longs câbles sous-marins qui ne permettent pas à cause de leur capacité, d'envoyer un très grand nombre de signes par seconde. Seulement, pour utiliser la méthode au sélénium, il était nécessaire que les courants de ligne fournis par la méthode au sélénium fussent considérablement renforcés. Nous arrivons ainsi à la solution que Korn a trouvée avec la collaboration de son assistant, l'ingénieur St. Carazzolo, et qui permettra désormais de transmettre télégraphiquement des photographies à des distances quelconques, en utilisant, si l'on veut, de longs câbles sous-marins, par exemple d'Europe en Amérique. La durée de transmission augmente naturellement en raison de la capacité des câbles, ainsi que le prix des transmissions, mais les transmissions seront toujours possibles et peuvent être exécutées avec la précision que l'on veut.

Pour ce renforcement des courants Korn utilise la propriété qu'ont les petites étincelles des courants à haute fréquence, d'amorcer des arcs. Les courants faibles sont reçus dans un galvanomètre sensible à aiguille qui dirige les courants de haute fréquence et à chaque position de l'aiguille du galvanomètre, c'est-à-dire à chaque tonalité de l'élément à transmettre, correspond une distance d'arc définie, cet arc ne pouvant jaillir que lorsque arrivent les petites étincelles Tesla. Ainsi il ne se produit toujours qu'un arc défini correspondant à chaque position de l'aiguille du galvanomètre, d'où résulte un courant intense parfaitement défini, qui permet de faire tout ce que l'on désire. On peut envoyer une partie de ce courant directement dans la ligne, ou mieux encore on l'emploie à confectionner une bande perforée qui représente l'image et grâce à laquelle l'image peut désormais être expédiée sur la ligne avec la vitesse de transmission que la ligne permet. Enfin on peut aussi, à l'aide des forts courants correspondant aux tonalités, confectionner des télégrammes en lettres qui peuvent être expédiés comme des télégrammes ordinaires et servir à la reproduction de l'image.

On peut aussi appliquer la méthode à la transmission de photographies par la télégraphie sans fil; elle peut aussi servir à rendre les clichés visibles au loin, en utilisant un plus grand nombre d'arcs, une centaine par exemple.





## BIBLIOGRAPHIE.

---

**La protection des réseaux et des installations électriques contre les surtensions**, par G. CAPART. Préface de M. L. BARBILLON. — Paris, H. Dunod et C. Pinat, 1914; un vol. grand in-8°, 1 figure.

Dans cet Ouvrage, l'auteur a passé en revue les différentes causes perturbatrices qui peuvent jeter le trouble dans le fonctionnement des réseaux, que ces causes soient inhérentes au réseau lui-même, comme les surtensions, ou qu'elles soient dues à des manifestations atmosphériques.

L'auteur, dans un premier Chapitre, rappelle du reste l'existence du champ électrique de l'atmosphère et montre comment ses diverses actions sont susceptibles de nuire au fonctionnement des lignes aériennes.

Il examine ensuite la manière dont les perturbations électriques rapides se déplacent sur les lignes et signale, comme conséquence de cette théorie, les divers accidents qui peuvent en résulter.

Il indique enfin les procédés qui, à son avis, sont le mieux susceptibles de prévenir ces accidents.

**Télégraphie sans fil. Vade-Mecum de l'amateur sans-filiste**, par S. MARIENS.  
Paris. Librairie des Sciences agricoles, Ch. Amat, 1913; un vol. in-8.

Ce petit Opuscule contient un certain nombre de renseignements susceptibles d'intéresser les amateurs qui s'amuse à écouter les nombreux radiotélégrammes qui, aujourd'hui, traversent l'éther.

On y trouve les indicatifs des différents postes, leur longueur d'onde, les principales abréviations utilisées dans les transmissions de T. S. F., et quelques renseignements sur la manière de réaliser un poste de réception.

Bref, ce petit Ouvrage mérite bien son titre de « vade-mecum de l'amateur sans-filiste ».

**Les surtensions dans les distributions d'énergie électrique et les moyens d'en prévenir les inconvénients**, par I. VAN DAM. — Paris, Librairie Gauthier-Villars, 1913; un vol. in-8 (119 fig.).

L'auteur étudie d'abord les phénomènes de l'étincelle et de la couronne, puis passe en revue les différents facteurs qui sont susceptibles d'influer sur le fonctionnement d'une ligne (isolateurs, self-induction et capacité des lignes, harmoniques dans les machines qui alimentent le réseau).

Il étudie ensuite les phénomènes de résonance, consacre un Chapitre aux perturbations d'origines atmosphériques et termine en examinant en trois Chapitres les dispositifs de sécurité susceptibles de prévenir sur les réseaux les accidents dus aux surtensions.

**Les maladies des machines électriques** (deuxième édition), par E. SCHULZ, traduction par A. HALPHEN, un vol. 88 pages. — Paris. Dunod et Pinat.

Ce petit Ouvrage est destiné à ceux qui ont à conduire des machines électriques ou à s'en occuper d'une façon quelconque. Il est assez simple pour être lu par un ouvrier et assez bien documenté pour rendre parfois service à un ingénieur à qui une cause d'accident échappe. On y trouve un grand nombre de renseignements et de conseils extrêmement utiles, spécialement sur l'entretien des collecteurs. Il est à souhaiter d'y voir ajouter, dans une prochaine édition, quelques pages sur les moteurs à courant alternatif à collecteur.

**Manuel pratique de l'ouvrier électricien-mécanicien.** Adaptation française de l'Ouvrage allemand de E. SCHULZ avec nombreuses additions, par J.-A. MONTPELLIER, un vol. 318 pages. — Paris, Dunod et Pinat.

Cet Ouvrage répond bien à son titre : il est élémentaire, clair et explicite. L'Électrotechnique y est ingénieusement simplifiée pour être mise à la portée de toute personne ne possédant que des éléments de l'Arithmétique. Après quelques pages de théorie sur le courant électrique, les auteurs exposent les principes des dynamos et des moteurs à courant continu puis donnent de nombreux conseils sur l'entretien des machines et la recherche de leurs défauts. Les questions relatives aux machines à courant alternatif et à leurs dérangements sont traitées ensuite dans le même ordre.

---

#### IL Y A TRENTE ANS.

---

A l'occasion du trentenaire de la publication de notre Bulletin, nous pensons intéresser nos lecteurs en rappelant, sous la rubrique « Il y a trente ans », le sommaire de nos premiers numéros mensuels.

*Février 1884.* — Les appareils de mesure électrique, par M. J. CARPENTIER. — Le générateur secondaire de MM. Gaulard et Gibbs, par M. GAULARD.

*Mars 1884.* — Sur l'accouplement des machines dynamos-électriques, par M. MENGES. — Les accumulateurs et transformateurs d'énergie électrique, par M. HOSPITALIER. — Note sur une méthode de mesure très rapide des grandes différences de potentiel, par M. R. ARNOUX.

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

# ÉLECTRICIENS.

---

## SOMMAIRE.

Compte rendu de l'Assemblée générale et de la réunion mensuelle du 1<sup>er</sup> avril 1914 : Admission de membres titulaires, p. 341. — Membres décédés, p. 342. — Rapport de la Commission des comptes (M. L. Violet), p. 343. — Rapport du Comité d'administration (M. le Secrétaire général), p. 348. — Compte rendu sur le Laboratoire et l'École supérieure d'Électricité (M. P. Janet), p. 350. — Élection de M. Violet comme trésorier honoraire, p. 353. — Modification des articles 1 et 9 du Règlement intérieur, p. 373. — Situation financière et bilan de la Société au 31 décembre 1913, p. 376. — Essais photométriques sommaires d'appareils cinématographiques (M. F. Laporte), p. 381. — Lampe à vapeur de mercure à deux électrodes pour courant alternatif (MM. M. Leblanc fils et Darmois), p. 385. — Résultats des élections pour le renouvellement du Bureau, du Comité d'administration et de la Commission des comptes, p. 403. — Allocution de M. D. Berthelot, président sortant, p. 405. — Allocution de M. Brylinski, président entrant, p. 409.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE (Unification des symboles), p. 414.

RESUMÉ DES COMMUNICATIONS ÉTRANGÈRES, p. 418.

BIBLIOGRAPHIE, p. 430.

OUVRAGES OFFERTS, p. 432.

IL Y A 30 ANS, p. 432.

---

## COMPTE RENDU

DE

## L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE

ET DE LA

## RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 1<sup>er</sup> avril (1).

---

PRÉSIDENCE DE M. D. BERTHELOT.

La séance est ouverte à 20 h 40 m.

Le procès-verbal de la dernière réunion mensuelle est adopté.

---

(1) La Société n'est pas solidaire des questions émises par ses Membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts (voir p. 432) et des demandes d'admission suivantes :

MM.

- Barros-Fernandez** (Georges), Inspecteur administratif de la *Societad general de Electricidad industrial*, Huerfanos, 1328, casilla 1824, à Santiago du Chili. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Bourguignon** (Antoine-Joseph-Hilaire), Ingénieur électricien E. P. E. I., Chef du Service électrique des Hauts Fourneaux, Forges et Acières du Saut-du-Tarn, à Saint-Juery (Tarn). — Présenté par MM. Bougué et Pelissot.
- Cahen** (Henri), Directeur de la Société d'Applications industrielles, Administrateur délégué du Sud-Électrique, Paris, 94, rue Saint-Lazare. — Présenté par MM. G. Cordier et Brylinski.
- Delamotte** (Maurice-Désiré), Ingénieur à la Compagnie Thomson-Houston, 28, rue de Trévisse, à Paris. — Présenté par MM. Chéron et Decorat.
- Faber** (Charles-Auguste), Ingénieur des Arts et Manufactures, Conseil en matière de Propriété industrielle, 33, rue Joubert, à Paris. — Présenté par MM. Iglesis et Janet.
- Fichter** (Marcel-René), Inspecteur au Bureau de Contrôle des Installations électriques, 10, rue du Buisson-Saint-Louis, à Paris. — Présenté par MM. Brisson et Raymond.
- Gallot** (Georges), Gérant de la Société Gallot et C<sup>e</sup> (anciens établissements GaiFFE), 69, boulevard Pasteur, à Paris. — Présenté par MM. D'Arsonval et GaiFFE.
- Hyde** (Edward-Pechin), Director, Nela Research Laboratory, National Lamp Works of General Electric Co, 1899 E. 84 th. St., Cleveland (Ohio). — Présenté par MM. Janet et Laporte.
- Piaton** (René), Ingénieur des Arts et Manufactures, Paris, 49, rue de la Bourse, à Lyon (Rhône). — Présenté par MM. Boutan et E. Dumont.
- Rey** (Alexandre-Sylvain), Ingénieur en chef des Essais de la Compagnie électromécanique, 9, quai aux Fleurs, à Paris. — Présenté par MM. Marius Latour et Bethenod.
- Rushmore** (David-Barker), Chief Engineer, Power and Mining Dpt. General Electric Co, 234, Union St. Schenectady, à New-York (U. S. A.). — Présenté par MM. Garfield et Reuss.
- Tissier** (Marcel), Matelot-Mécanicien-Dessinateur, à bord du *Provence*, à Lorient (Morbihan). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Venot** (André-Louis-Georges), Ingénieur des Arts et Métiers, de la Maison Hillairet-Huguet, 52, avenue Philippe-Auguste, à Paris. — Présenté par MM. Damoiseau et Hillairet.

Ces candidats sont élus membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le PRÉSIDENT fait part du décès de MM. *Balme* et *Stapfer*; il en exprime les regrets de la Société.

**RAPPORT DE LA COMMISSION DES COMPTES POUR L'EXERCICE 1913.**

M. L. VIOLET, rapporteur (1). — « Messieurs, la Commission des Comptes pour l'exercice 1913, que vous avez nommée dans l'Assemblée générale du 2 avril, a l'honneur de vous rendre compte de son mandat.

» Elle a contrôlé les écritures de votre comptabilité, vérifié l'exactitude du bilan qui vous est présenté, constaté la réelle existence des différentes valeurs en portefeuille constituant l'actif qui vous est énoncé.

» Nous vous donnons successivement le résumé des opérations des trois grandes divisions de notre Société :

- » I. Services généraux;
- » II. Laboratoire;
- » III. École.

» I. SERVICES GÉNÉRAUX. — L'avoir de ce compte, qui était au 1<sup>er</sup> janvier 1913 de 183 025,51 fr, est passé au 31 décembre à 191 321,24 fr; il a donc augmenté de 8 295,73 fr. Les recettes de l'exercice se sont élevées à 709 60,34 fr et les dépenses à 62 664,61 fr. Nous devons vous faire remarquer que nous avons compris, dans le total des recettes, une somme de 9575,38 fr, qui nous a été remise par le Comité de la Fondation Joubert, à charge pour notre Société d'en verser les intérêts à un jeune boursier qu'il nous désignera. Si nous retranchons cette somme du total de nos recettes, nous voyons que les recettes sont inférieures de 1279,65 fr à nos dépenses. De plus, nous avons dépensé 867,35 fr pour la bibliothèque, nous avons placé au Fonds social le montant des cotisations libérées, 2125 fr, de sorte que nous avons été amenés à prélever 4272 fr sur les fonds disponibles pour équilibrer les comptes de l'exercice.

» *Recettes.* — Les cotisations se sont élevées à la somme de

---

(1) En l'absence du Rapporteur, ce document a été présenté par M. Larnaude, membre de la Commission des Comptes.

32840 fr, en augmentation de 1100 fr sur celles de 1912. Le *Bulletin* a produit 9213,95 fr, soit 1365,25 fr de moins que l'année dernière. La somme de 1000 fr portée au chapitre « Dons avec affectations spéciales » représente un versement que M. Janet a bien voulu faire à notre caisse d'une subvention qui lui a été personnellement attribuée par la Caisse des Recherches scientifiques pour ses recherches sur les unités et étalons électriques; cette somme doit être affectée à la réalisation des étalons de l'ohm. Les sommes recueillies à l'occasion de la réunion à Paris des ingénieurs électriciens anglais se sont élevées à 12 960 fr. La souscription pour l'amélioration de l'outillage du Laboratoire qui déjà l'année dernière avait reçu de nos bienfaiteurs un accueil si favorable, et s'était élevée à 22 700 fr, a pris cette année une ampleur encore plus grande. Nous avons le plaisir de vous donner la liste complète des généreux souscripteurs qui ont mis à notre disposition la somme totale de 30 270 fr. Ces deux sommes n'ont pas été dépensées; elles sont en réserve au passif du bilan et doivent être utilisées pour l'installation d'une salle destinée à l'étude et aux mesures des hautes tensions jusqu'à 200 000 volts.

*Liste des souscripteurs.*

|                                                         | fr    |
|---------------------------------------------------------|-------|
| Compagnie générale d'Électricité de Creil.....          | 2000  |
| Compagnie parisienne de Distribution d'électricité..... | 2000  |
| Compagnie pour la fabrication des compteurs.....        | 2000  |
| Ateliers électriques du Nord et de l'Est.....           | 1500  |
| Schneider et C <sup>ie</sup> .....                      | 1500  |
| Société alsacienne de Constructions mécaniques.....     | 1500  |
| Société d'Électricité de Paris.....                     | 1500  |
| Société pour l'Industrie des Chemins de fer.....        | 1500  |
| Compagnie de Construction électrique.....               | 1000  |
| Compagnie électro-mécanique.....                        | 1000  |
| Compagnie française Thomson-Houston.....                | 1000  |
| Tréfileries et Laminoirs du Havre.....                  | 1000  |
| Audiffred.....                                          | 500   |
| Compagnie continentale des Compteurs.....               | 500   |
| Compagnie de l'Est-Lumière.....                         | 500   |
| Compagnie de l'Ouest-Lumière.....                       | 500   |
| Compagnie parisienne de l'Air comprimé.....             | 500   |
| Geoffroy et Delore.....                                 | 500   |
| Hillaiet-Huguet.....                                    | 500   |
| Maison Breguet.....                                     | 500   |
| A reporter.....                                         | 21500 |

|                                                                   |       |
|-------------------------------------------------------------------|-------|
| Report.....                                                       | 21500 |
| Maison Rousselle et Tournaire .....                               | 500   |
| Omnium Lyonnais .....                                             | 500   |
| Société d'Éclairage et de Force par l'électricité.....            | 500   |
| Société française de l'Accumulateur Tudor.....                    | 500   |
| Société française des Applications industrielles .....            | 500   |
| Société industrielle des Téléphones .....                         | 500   |
| Société Le Triphasé.....                                          | 500   |
| Société française d'Incandescence par le gaz.....                 | 300   |
| Berthelot (D.).....                                               | 250   |
| Compagnie électrique de la Loire.....                             | 250   |
| Énergie électrique du Centre.....                                 | 250   |
| Énergie électrique du Nord de la France.....                      | 250   |
| Giros et Loucheur.....                                            | 250   |
| Legouez.....                                                      | 250   |
| Richard (Jules).....                                              | 250   |
| Société générale d'Entreprises.....                               | 250   |
| Société roubaisienne d'Éclairage par le gaz et l'électricité..... | 250   |
| Association amicale des Ingénieurs-Électriciens.....              | 200   |
| Blondel.....                                                      | 200   |
| Compagnie électrique du Nord.....                                 | 200   |
| Compagnie des Câbles électriques.....                             | 200   |
| Compagnie générale de travaux d'éclairage et de force.....        | 200   |
| Grosselin.....                                                    | 200   |
| Leclanché et C <sup>ie</sup> .....                                | 200   |
| Société l'Air liquide .....                                       | 200   |
| Alliot et Rol.....                                                | 100   |
| Appareillage électrique Grivolais.....                            | 100   |
| Compagnie des Charbons Fabius-Henrion.....                        | 100   |
| Compagnie française des Lampes à incandescence .....              | 100   |
| Compagnie générale de Lumière et de Traction.....                 | 100   |
| Debauge.....                                                      | 100   |
| Dinin.....                                                        | 100   |
| Gaiffe.....                                                       | 100   |
| Keller.....                                                       | 100   |
| L'Union électrique.....                                           | 100   |
| Société Le Matériel téléphonique.....                             | 100   |
| Busson.....                                                       | 20    |
| Total.....                                                        | 30270 |

» *Dépenses.* — Le *Bulletin* a été particulièrement important cette année; il a coûté 30 807,49 fr, soit 10 223,43 fr de plus que l'année dernière. Il faut remarquer qu'un numéro supplémentaire, celui relatif au Congrès, a coûté à lui seul 4117 fr.

» Le montant des autres chapitres sont normaux.

» *Fonds social inaliénable.* — Ce fonds est constitué par 180 cotisations libérées, et une demi-cotisation libérée, valant ensemble 45 125 fr, et 4149,50 fr de dons sans affectations spéciales, soit au total 49 274,50 fr. Ce fonds social est représenté au 31 décembre par 47 245,25 fr de valeurs diverses.

» II. LABORATOIRE. — L'avoir au 1<sup>er</sup> janvier était de 438 504,82 fr; il est au 31 décembre de 454 749,52 fr, soit une augmentation de 16 244,70 fr. Le montant des recettes est de 119 527 fr et celui des dépenses de 103 282,30 fr.

» *Recettes.* — Les redevances pour essais ont augmenté de 12 912,54 fr et ont atteint le chiffre de 102 497,52 fr.

» *Dépenses.* — Les frais généraux d'exploitation ont nécessairement augmenté parallèlement aux recettes. Le total des différents chapitres s'élève à la somme de 103 282,30 fr.

» En résumé, la situation du Laboratoire qui vous avait été signalée, l'année dernière, comme prenant une allure tout à fait favorable, s'est maintenue satisfaisante; les ressources propres du Laboratoire auxquelles est venu se joindre la subvention de la Société, 8435,52 fr, ont permis de solder tous les frais généraux, d'acquérir du matériel d'une valeur de 6719,10 fr, de payer 9525,60 fr pour l'installation du chauffage central et de dépenser 5092,45 fr pour les expériences et recherches.

» III. ÉCOLE. — L'avoir au 1<sup>er</sup> janvier était de 383 605,72 fr; il est au 31 décembre de 404 013,32 fr, soit une augmentation de 20 407,60 fr; sur cette somme, 1377,70 fr représentent les acquisitions de matériel faites au compte spécial de la radiotélégraphie.

» Les recettes se sont élevées à la somme de 147 274,17 fr; les redevances sont comprises dans cette somme pour 133 910,40 fr.

» Nous trouvons aux dépenses le chiffre de 128 244,27 fr, sensiblement comparable à celui de l'année dernière.

» En résumé, pendant cet exercice, l'École a pu acquérir du nouveau matériel d'une valeur de 10 832,40 fr, placer à son fonds de réserve 4970 fr et reporter à son fonds disponible la somme de 3227,50 fr.



» *Radiotélégraphie.* — La radiotélégraphie entre aux recettes, dans les comptes de l'École, pour 30 375 fr. Ces recettes se composent des redevances payées par les élèves : 12 375 fr, et des subventions accordées par les différents Ministères, savoir :

|                             |                      |
|-----------------------------|----------------------|
| Ministère de la Marine..... | 10 000 <sup>fr</sup> |
| » de la Guerre.....         | 4 000                |
| » des Colonies.....         | 4 000                |
| Total.....                  | <u>18 000</u>        |

» Les dépenses comprennent :

|                                           |                         |
|-------------------------------------------|-------------------------|
| Frais généraux d'exploitation.....        | 12 299,35 <sup>fr</sup> |
| Aquisition d'instruments et matériel..... | 1 377,70                |
| Total.....                                | <u>13 677,05</u>        |

» Il reste donc, non employée, une somme de 16 697,95 fr, qui se trouve reportée à l'avoir de ce compte pour 1914.

» En résumé, les comptes de la Société se présentent de la manière suivante pour l'exercice 1913 :

PROFITS ET PERTES.

|                        | Recettes.               | Dépenses.               | Différences.           |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| Services généraux..... | 70 960,34 <sup>fr</sup> | 62 664,61 <sup>fr</sup> | 8 295,73 <sup>fr</sup> |
| Laboratoire.....       | 119 527,00              | 103 282,30              | 16 244,70              |
| École.....             | 177 649,17              | 157 241,57              | 20 407,60              |
| Totaux.....            | <u>368 136,51</u>       | <u>323 188,48</u>       | <u>44 948,03</u>       |

AVOIRS NETS DES DEUX DERNIERS BILANS.

|            | Société.                 | Laboratoire.             | École.                   | Total.                     |
|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 1912.....  | 183 025,51 <sup>fr</sup> | 438 504,82 <sup>fr</sup> | 383 605,72 <sup>fr</sup> | 1 005 136,05 <sup>fr</sup> |
| 1913.....  | 191 321,24               | 454 749,52               | 404 013,32               | 1 050 084,08               |
| Excédent.. | <u>8 295,73</u>          | <u>16 244,70</u>         | <u>20 407,60</u>         | <u>44 948,03</u>           |

» La Commission vous propose d'approuver les comptes tels qu'ils vous sont présentés, et d'adresser vos remerciements à votre trésorier et à ses collaborateurs. »

**RAPPORT DU COMITÉ D'ADMINISTRATION.**

M. le SECRÉTAIRE GÉNÉRAL. — « Messieurs, l'année qui vient de s'écouler a marqué une étape importante dans la vie de notre Société. Elle a vu naître les Congrès dont il est permis d'escompter pour l'avenir les résultats les plus intéressants, au point de vue de la cohésion de nos membres et du développement de notre production technique. Pour la première fois, nous avons affronté les difficultés d'organisation d'une semblable réunion en invitant nos collègues et amis de l'Institution of Electrical Engineers, dont la sympathie nous était acquise à l'avance, et nous devons rappeler que notre Société, grâce au dévouement qu'elle a rencontré chez tous ses membres, a obtenu un véritable succès dans son innovation.

» Notre Congrès, préparé par de nombreuses Communications, a été spécialement consacré à la traction électrique, et l'ensemble des travaux publiés par nous à cette occasion constitue un des rapports les plus complets sur l'état actuel de cette importante question. Outre les brillantes communications de MM. Latour, Gratzmuller, Jullian, Parodi, Damoiseau et Legouez, nous avons à enregistrer les magistrales conférences faites au Congrès par MM. Highfield et Maurice Leblanc, à la discussion desquelles a pris part, en particulier, M. Thury, notre éminent membre honoraire.

» Les progrès récents de la radiotélégraphie et de la radiotéléphonie, et spécialement l'enregistrement des signaux hertziens, nous ont valu également une importante moisson de belles Communications, présentées par MM. Vanni, Ferrié, Abraham, Turpain et Jégou.

» Notre président, M. Berthelot, dans une conférence profondément pensée, nous a exposé des vues originales sur les merveilles électriques de la nature. Notre secrétaire, M. Bureau, rapporteur de la première Section, nous a donné, sur les essais des toiles isolantes, un travail considérable dont l'importance pratique et industrielle n'échappera à aucun d'entre nous.

» Dans le domaine encore des études de la première Section,

M. Picou nous a présenté ses nouvelles dynamos, M. Girault a donné l'analyse mathématique complète de la marche en parallèle des transformateurs, MM. Guéry et Gratzmuller ont repris le problème de la commutation, M. Verdurand a étudié les générateurs polyphasés à collecteur, M. Armagnat a exposé l'état actuel de cette si intéressante question qu'est l'éclairage électrique des automobiles.

» Les questions relatives à la téléphonie automatique et à la télégraphie sous-marine ont donné lieu aux Communications de MM. Slingo et Devaux-Charbonnel. L'étude des propriétés magnétiques des aciers nous a valu les savantes communications de MM. Dejean et Robin, ainsi que la présentation par M. Iliovici de son nouveau perméamètre. M. Perot nous a décrit le nouvel électro-aimant qu'il a établi en collaboration avec M. Deslandres pour l'obtention des champs magnétiques intenses. MM. Guyau, Parodi et Léauté ont apporté à notre Société la primeur de leurs travaux personnels. M. Flusin nous a donné un aperçu sur l'état actuel de l'industrie de la bauxite. M. le Dr Bécère nous a projeté un choix de superbes clichés radiologiques. M. Claude a illustré le programme de notre Congrès par sa causerie sur les merveilles du néon. MM. Lebaupin et Pestarini, à la suite de pénétrantes études, nous ont présenté de nouveaux appareils de mesures à deux aiguilles. Enfin, messieurs, je compléterai mon énumération un peu rapide en mentionnant les deux conférences que vous allez entendre ce soir, l'une de M. Laporte, l'autre de M. Maurice Leblanc fils, toutes deux consacrées à l'éclairage.

» En dehors de ces Communications originales, vous avez sans doute apprécié la documentation plus complète que vous procure maintenant notre *Bulletin*, en vous donnant chaque mois un résumé des principales Communications présentées devant les Sociétés étrangères. Par une mise au point plus parfaite de nos services, nous espérons développer dans la suite ce caractère documentaire et satisfaire ainsi plus complètement les aspirations techniques de nos lecteurs.

» Le *Bulletin* vous a fourni en son temps le compte rendu détaillé des questions importantes examinées par votre Bureau et votre Comité.

» A la suite de la consultation demandée à notre Société par M. le Ministre du Commerce relativement au projet de loi sur les unités électriques, une discussion fort intéressante de ce projet, sur la base du rapport très documenté présenté par M. Janet, a abouti à l'élaboration d'un texte proposé par la Société et appuyé par une lettre de notre président.

» D'autre part, comme vous le savez, notre Société a pris une part active à la formation de la Commission internationale de l'Éclairage, où elle compte un nombre important de représentants.

» Enfin les projets relatifs à l'organisation des Congrès annuels et au relèvement du taux de la cotisation ont été portés à votre connaissance au fur et à mesure des réunions où ils ont été examinés.

» Le nombre de nos membres est actuellement de 1825, en augmentation de 50 sur l'année précédente, malgré les pertes sensibles qu'a éprouvées notre Société en la personne de nos regrettés collègues, MM. Abt, Balme, Blazy Delhumeau, Desfontaines, P. Dujardin, Félix, H. Menier, de Polignac, Porte, W. Preece, Seiler, Senet, Staffer, Vicarino, Ziffer. »

#### **RAPPORT ANNUEL SUR LE LABORATOIRE CENTRAL ET L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ.**

M. P. JANET. — « Messieurs, j'ai l'honneur de présenter à l'Assemblée générale de notre Société mon Rapport annuel sur le fonctionnement des services du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité pendant l'année 1913.

##### **I. — Laboratoire central d'Électricité.**

» 1. PERSONNEL. — Pendant l'année 1913, le personnel du Laboratoire a été augmenté de deux unités : un ingénieur chef du matériel chargé de toutes les questions d'entretien et de l'étude détaillée des installations projetées, et un aide électricien mis à la disposition du chef de travaux chargé des essais de machines.

Le personnel du Laboratoire affecté, tant aux essais courants qu'aux travaux d'expériences et de recherches, est actuellement :

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Directeur.....             | 1 |
| Sous-directeur.....        | 1 |
| Chefs de travaux.....      | 4 |
| Chef du matériel.....      | 1 |
| Assistants.....            | 4 |
| Boursier Hughes.....       | 1 |
| Électriciens ou aides..... | 5 |
| Concierge et garçon.....   | 2 |
| Photomètreuses.....        | 2 |

» Par suite de demande de congé de santé ou départ au service militaire, la Bourse Hughes est restée vacante pendant la plus grande partie de 1913.

» Au point de vue des essais, le personnel est réparti en cinq sections, à savoir :

» 1<sup>o</sup> *Photométrie; essais d'accumulateurs.* Chef de service, M. F. Laporte.

» 2<sup>o</sup> *Essais de compteurs et de wattmètres.* Chef de service, M. A. Durand.

» 3<sup>o</sup> *Essais magnétiques; radiotélégraphie; paratonnerres. Étalonnements en courant continu.* Chef de service, M. R. Jouaust.

» 4<sup>o</sup> *Essais de machines.* Chef de service, M. H. Bureau.

» 5<sup>o</sup> *Étalonnements en courants alternatifs; oscillographie; haute tension.* Chef de service, M. P. de La Gorce.

2. MATÉRIEL. — La plus grande partie du crédit affecté au matériel pour 1913 a été mise en réserve pour l'importante installation d'une salle d'essais à haute tension dont nous parlerons plus bas. Le reste a été consacré à l'accroissement du matériel courant. Nous signalerons les acquisitions suivantes :

» Un électromètre pour tensions comprises entre 0 et 25 volts construit par Paul.

» Plusieurs voltmètres et millivoltmètres destinés soit à doubler les appareils existants, soit à remplacer les appareils anciens datant de 10 ou 15 ans.

» Un électrodynamomètre et deux transformateurs d'intensité

permettant de monter les circuits d'essai des compteurs triphasés d'une manière rigoureusement symétrique.

» Enfin un jeu de cinq rhéostats de 600 watts chacun s'échelonnant de 2 à 60 ampères.

» 3. INSTALLATIONS NOUVELLES. — Deux nouveaux panneaux ont été ajoutés à notre tableau général de distribution pour l'alimentation du moteur synchrone Hillairet de 40 kW que nous possédons depuis longtemps. L'un de ces panneaux comporte tout ce qui est nécessaire au fonctionnement de la machine, soit comme moteur monophasé sur le secteur, soit comme génératrice alternative mono ou triphasée. Le second panneau est affecté à l'excitatrice. Grâce à ces dispositions, la mise en marche et l'utilisation du moteur se font avec la plus grande facilité.

» Signalons aussi le remplacement par une batterie de 30 éléments Tudor M  $\frac{1}{5}$  d'un certain nombre d'anciens accumulateurs Tribelhorn devenus incapables de tout service.

» Parmi les installations nouvelles qui sont à l'étude, nous devons signaler particulièrement celle d'une salle d'essai pour les hautes tensions montant jusqu'à 200 000 volts. L'étude détaillée du projet a été faite en 1913, et grâce aux généreuses souscriptions accordées au Laboratoire, les crédits nécessaires à cette installation ont pu nous être ouverts sur l'exercice 1914. Nous avons tout lieu d'espérer que cette installation sera réalisée pendant l'année courante.

» 4. ESSAIS. — Le nombre des essais a été de 1366 en 1913, contre 1444 en 1912 et 1254 en 1911. Les redevances pour essais se sont élevées à 102 878,32 fr contre 89 706,88 fr en 1912 et 62 937,67 fr en 1911. Il y a donc eu simultanément une légère diminution (6 pour 100) dans le nombre des essais et, au contraire, une augmentation notable (14 pour 100) dans le produit de ces essais.

» Nous tenons à signaler, d'ailleurs, que cette augmentation est due en partie à des circonstances qui pourront ne pas se reproduire dans l'avenir : les essais d'accumulateurs pour la Marine ont été particulièrement nombreux cette année, et les éléments, nous devons en féliciter les constructeurs, ont supporté vaillamment de longues séries de décharges d'endurance.

» Les essais se répartissent ainsi :

|                                  | 1913.              | 1912.      |
|----------------------------------|--------------------|------------|
| Compteurs.....                   | 498 <sup>(1)</sup> | 487        |
| Lampes à incandescence.....      | 366 <sup>(2)</sup> | 535        |
| Machines et transformateurs..... | 92                 | 78         |
| Ampèremètres.....                | 80                 | 51         |
| Voltmètres.....                  | 63                 | 47         |
| Piles.....                       | 44                 | 77         |
| Résistivités, résistances.....   | 42                 | 20         |
| Isolements.....                  | 29                 | 11         |
| Haute tension.....               | 28                 | 29         |
| Wattmètres.....                  | 23                 | 13         |
| Fers et tôles.....               | 22                 | 22         |
| Paratonnerres.....               | 20                 | 13         |
| Accumulateurs.....               | 14                 | 10         |
| Oscillogrammes.....              | 2                  | 5          |
| Essais divers.....               | 35                 | 38         |
|                                  | <hr/> 1366         | <hr/> 1444 |

» Cette statistique ne comprend pas les essais photométriques effectués pour le compte de l'Association des consommateurs de lampes électriques sur lesquels nous reviendrons bientôt.

» Les essais effectués par le Laboratoire peuvent se rattacher à trois catégories :

- » A. Essais entraînés par nos marchés réguliers;
- » B. Essais effectués pour l'État ou les établissements publics;
- » C. Essais effectués pour les particuliers.

» A. MARCHÉS. — *a.* Le contrat qui nous lie avec la Chambre des députés a été renouvelé en 1913. A cette occasion, nous avons repris les essais de tout le matériel électrique de l'usine génératrice du Palais-Bourbon : dynamos, batterie d'accumulateurs, etc. Le marché pour la vérification périodique des compteurs et des isolements a été renouvelé et augmenté; on y a prévu des essais

---

|     |                                    |           |
|-----|------------------------------------|-----------|
| (1) | Service de l'Octroi.....           | 279       |
|     | Ministère des Travaux publics..... | 35        |
|     | Chambre des députés.....           | 22        |
|     | Divers.....                        | 62        |
|     |                                    | <hr/> 498 |

(2) Essais portant sur 923 lampes et comportant plus de 1500 essais photométriques.

de réception des lampes fournies par l'exploitant; ces lampes sont vérifiées au point de vue de l'intensité lumineuse et au point de vue de la consommation spécifique qui ne doit pas dépasser une certaine limite; grâce au Laboratoire, on peut espérer que la lumière ne fera jamais défaut à nos représentants.

» *b.* Notre traité continue avec l'Association des consommateurs de lampes électriques (A. C. L. E.). Les redevances nous ont été payées sur 144 500 lampes au carbone et 62 300 lampes à filament métallique commandées par l'intermédiaire de l'Association, ce qui correspond à peu près à 29 000 lampes au carbone et à 6200 lampes métalliques ayant effectivement passé sur les bancs photométriques du Laboratoire.

» L'accroissement sur 1912 de 44 pour 100 des lampes métalliques passant par l'Association, quoique notable, est moins rapide qu'on eût pu le penser. La diminution de 20 pour 100 sur les lampes au carbone est normale, étant donnés les avantages des lampes métalliques et l'abaissement progressif de leur prix. Les clients principaux de l'Association pour les lampes au carbone sont des industriels pour lesquels le prix de l'énergie est de peu d'importance (usines métallurgiques, compagnies de navigation, usines hydrauliques).

» Le nombre des adhérents à l'Association croît lentement; il est probable qu'il augmenterait beaucoup plus vite si les avantages obtenus par le contrôle des lampes étaient plus généralement connus.

» *c.* Notre marché avec le *Ministère de la Marine* relatif aux essais de lampes a continué dans les mêmes conditions que l'année passée : les lampes à filament de charbon sont allumées pendant 500 heures sur le courant alternatif de la C. P. D. E., dont la tension est régularisée par un régulateur Routin.

» Certains essais de durée nous ont été demandés par quelques fabricants de lampes à filament métallique en vue de leur adoption ultérieure par le *Ministère de la Marine*; nous ignorons si une suite a été donnée à ces tentatives.

» B. ESSAIS POUR L'ÉTAT ET LES ÉTABLISSEMENTS PUBLICS. —

*a. Ministère de la Marine.* — Nous avons, comme les années pré-



cédentes, effectué des essais d'accumulateurs demandés par les constructeurs en vue de la fourniture des batteries de sous-marins. Une série d'essais s'est terminée le 12 avril 1913; une autre série, portant sur huit éléments, a commencé le 17 mai 1913 et est encore en cours. La concurrence, ou plutôt l'émulation que la Marine a su entretenir ainsi dans la fabrication des accumulateurs, a déterminé des progrès techniques remarquables dont profite bien vite l'ensemble de l'industrie. Malgré l'augmentation considérable des difficultés des épreuves, sept éléments sur huit ont supporté vaillamment des conditions d'admission que nous n'étions pas loin, il y a 2 ans, de considérer comme irréalisables. Bien plus, ils ont fourni presque tous une longue carrière, et, aujourd'hui encore, après plus de 400 décharges à des régimes extrêmement durs, quelques-uns continuent à lutter. C'est à cette circonstance favorable que les recettes du Laboratoire en 1913 ont dû en partie leur accroissement, accroissement qui se traduit aussi, bien entendu, par une augmentation considérable de l'énergie électrique dépensée et du gaz brûlé : en 1913, notre consommation d'énergie électrique (indépendamment de l'éclairage) a été de 55 000 kW et notre moteur à gaz a consommé 20 500 m<sup>3</sup>. Le Laboratoire devient donc de plus en plus un véritable établissement industriel, et le prix de l'énergie est un facteur important de notre budget. Pour la Marine également nous avons dû, comme les années précédentes, essayer un certain nombre de ventilateurs électriques prélevés sur la fourniture de ces petits appareils.

» *b. Ministère de la Guerre.* — La vérification des marchés passés par le Service des Poudres et Salpêtres ont amené au Laboratoire les essais de 46 moteurs, généralement triphasés, dont les puissances s'échelonnent de 2 à 70 kW et représentant une puissance totale de 400 kW environ, et de deux transformateurs triphasés représentant une puissance de 660 kVA. Nous ne doutons pas que le contrôle dû à nos essais ne se montre particulièrement efficace, et n'évite tout incident au moment de la mise en route définitive.

*c. Ministère des Colonies.* — Ce Ministère nous envoie régulièrement des piles prélevées sur les fournitures faites pour les Télé-

graphes et Téléphones de l'Afrique occidentale et de l'Indo-Chine. Il est à souhaiter que si l'électricité se développe dans ces pays lointains, les services métropolitains comprennent tout l'intérêt qu'ils ont à faire essayer sérieusement, avant expédition, le matériel dont ils sont amenés à faire l'acquisition; ces essais constituent, sans aucune espèce de doute, une véritable prime d'assurance.

» *d. Administration des Postes et des Télégraphes.* — Les essais de pile pour cette administration ont été peu nombreux cette année. Par contre, il semble bien que si certains constructeurs d'ondemètres pour la télégraphie sans fil nous ont demandé d'étalonner leurs appareils, c'est qu'ils y étaient tenus par leurs cahiers des charges avec l'une des administrations qui utilisent ce mode de communication.

» *e. Ministère des Travaux publics.* — Les essais des *types de compteurs* exigés par le Comité d'Électricité se font, comme on le sait, au Laboratoire central. Douze essais complets et définitifs de cette nature ont été faits en 1913. Mais ces douze essais ont exigé seize essais préliminaires, car il est bien rare que les appareils présentés satisfassent du premier coup aux conditions imposées, bien que ces conditions ne soient pas très rigoureuses. Il semble, d'après nos statistiques, que les compteurs à courant alternatif remplissent les prescriptions plus facilement que les compteurs à courant continu.

» *f. Ministère du Commerce.* — Le Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers nous a fait étalonner un certain nombre d'appareils de mesure, ampèremètres et voltmètres.

» *g. Sous-Secrétariat des Beaux-Arts.* — Nous avons, pour cette administration, vérifié l'installation des paratonnerres de nombreux bâtiments et palais nationaux. En dehors de la salle du Congrès, à Versailles, du Palais-Bourbon et des Invalides que nous vérifions tous les ans, nous avons vérifié cette année : le Louvre, le Château de Saint-Germain, le Muséum, le Conservatoire des Arts et Métiers, le Trocadéro, le Collège de France, le Conservatoire de Musique, la Cour des Comptes, la Cour de Cassation,

le Ministère du Travail, le Ministère des Travaux publics, la Manufacture de Sèvres, l'École d'Alfort, l'École de Pharmacie, etc. Ces vérifications n'étaient pas inutiles : presque toutes ont signalé au moins des améliorations à apporter au réseau de paratonnerres ; plusieurs ont révélé des défauts nécessitant des réparations urgentes (terres séparées du réseau, conducteurs rompus, etc.).

» C. ESSAIS POUR LES PARTICULIERS. — *a. Service des essais de machines.* — Parmi les essais effectués pour le public par M. Bureau, signalons :

» Essais de réception dans l'usine même d'exploitation de deux alternateurs triphasés de 1500 kVA à 5500 volts. Nous avons précédemment essayé aux usines de construction les transformateurs principaux de ce réseau, huit transformateurs, au total 4400 kVA ;

» Essais de réception, dans les ateliers de construction, des deux alternateurs destinés à une usine de distribution et représentant 3400 kVA ;

» Essais, pour une société exploitante, de quatre transformateurs ;

» Essais de réception, pour la partie électrique, d'une usine parisienne comportant deux génératrices à courant continu de 525 kW.

» Enfin nous avons procédé, pour une société de province, à des essais très intéressants de retour par la terre, en présence de délégués des Travaux publics et des Télégraphes.

» *b. Service des compteurs.* — Signalons, comme particulièrement intéressant, l'étalonnage, effectué par M. Durand, de compteurs à haute tension (jusqu'à 15000 volts) ou à forte intensité (jusqu'à 10000 ampères) dont l'importance justifie une étude approfondie avant la mise en service. Trois usines nous ont fait vérifier tout l'ensemble de leur tableau : compteurs, ampèremètres et voltmètres montés, bien entendu, avec leurs transformateurs dans les conditions les plus voisines de leur fonctionnement normal.

» Nous avons signalé, dans notre dernier Rapport, qu'une société de construction d'accumulateurs avait monté au Labora-

toire quatre gros éléments de 3500 Ah en vue de nous faciliter un essai demandé pour elle. Cette société a bien voulu, l'essai terminé, abandonner au Laboratoire ces quatre éléments : grâce à ce don généreux, nous avons pu porter à 5000 ampères la limite maxima de nos étalonnements en courant continu et vérifier ainsi jusqu'à la moitié de leur charge wattmètres, compteurs et ampèremètres de 10 000 ampères.

» *c. Service de la Photométrie.* — Les lampes étalons secondaires à filament de charbon dont nous avons annoncé la création dans notre dernier Rapport ont obtenu le plus grand succès : 26 de ces lampes nous ont été demandées dans le courant de l'année 1912. Rappelons que ces étalons, étudiés avec le plus grand soin par M. Laporte, sont prêts d'avance et livrables à première demande avec leur certificat. Beaucoup d'industriels commencent à nous demander comme étalon secondaire des lampes métalliques. Nous étudions actuellement un type satisfaisant d'étalons de cette catégorie.

» Les essais de lampes, un peu moins nombreux que l'an dernier, présentent par contre un écart de plus en plus grand entre le maximum et le minimum des intensités observées : ces limites s'étendent, en 1913, de 0,1 à 1000 bougies décimales.

» Notons enfin des courbes de répartition lumineuses de divers réflecteurs enveloppant des lampes à incandescence de forte intensité.

» *d. Service des paratonnerres et de la télégraphie sans fil.* — M. Jouaust a parcouru cette année la région nantaise pour vérifier les prises de terre de 7 paragrêles (47 avaient été vérifiés en 1912). Le nombre de ces installations est aujourd'hui assez grand pour permettre de commencer des statistiques étendues qui devront se prolonger pendant de longues années si l'on veut obtenir des conclusions certaines sur l'efficacité de ce système si discuté.

» Au point de vue de la radiotélégraphie, M. Jouaust a eu à étalonner 17 ondemètres et 2 ampèremètres à haute fréquence; enfin une des sociétés françaises de télégraphie sans fil nous a demandé une étude comparative de deux modes de couplage pour l'émission. Les travaux de M. Jouaust des années précédentes ont

donc ouvert un nouveau champ d'action pour nos essais et étalonnements.

» *e. Service des courants alternatifs et de la haute tension.* — M. de La Gorce a eu en 1913 à faire l'analyse oscillographique complète des courbes de trois alternateurs. D'autre part, il a dû étudier d'une manière toute particulière les transformateurs d'intensité. La question est délicate, l'intensité secondaire pouvant être plus ou moins affectée par la résistance ohmique et par l'inductance du circuit. D'autre part, le déphasage entre les courants qui est dû au transformateur est difficile à déterminer, car il est fort petit, de l'ordre de 1 ou 2 degrés : il doit être cependant bien connu si l'on veut prévoir et au besoin calculer son action sur un wattmètre ou un compteur en courant fortement déphasé. M. de La Gorce a pu, en employant un galvanomètre à résonance comme instrument de zéro, établir une méthode d'opposition pour effectuer cette détermination. Onze transformateurs d'intensité ont été ainsi étudiés cette année.

» Notons encore, dans cette section, de nombreux essais de rigidité diélectrique, de verre, de brais et de matières diverses, et surtout d'huiles, soit brutes, soit après séchage prolongé; la réception en usine de 26 bobines de câble suivant les prescriptions d'un marché; l'étude comparative ou l'épreuve de réception jusqu'à 165 000 volts de différents types d'isolateurs ou accessoires de canalisation.

» Enfin M. de La Gorce a poursuivi cette année une longue étude sur l'échauffement et la rigidité diélectrique des câbles à haute tension; ce travail, qui est en cours d'exécution, présentera le plus grand intérêt pour les grandes sociétés d'exploitation : il nous a été demandé par l'une des plus importantes d'entre elles.

» *f. Essais divers.* — Nous citerons encore :

» Étalonnement de plusieurs condensateurs; détermination du pouvoir diélectrique d'une substance isolante, d'un verre;

» Étalonnements d'électromètres de diverses sensibilités jusqu'à 50 000 volts aux fréquences industrielles et à haute fréquence;

- » Mesure de la résistance d'un câble d'alimentation en aluminium d'une société parisienne de traction;
- » Mesure d'isolement à la terre de certains réseaux de traction;
- » Mesure de la résistivité de plusieurs échantillons d'eau;
- » Mesure du couple directeur d'une boussole;
- » Essai d'une baignoire à chauffage électrique;
- » Évaluation de la résistivité et de la rigidité diélectrique de diverses substances pulvérulentes ou liquides servant dans les extincteurs d'incendie;
- » Etc., etc.

» 5. TRAVAUX ET RECHERCHES. — Signalons tout d'abord la part prise par le Laboratoire central d'Électricité dans la formation d'un nouvel organisme international, la *Commission internationale de l'Éclairage*. On se souvient que, depuis 1907, le Laboratoire, représenté par son sous-directeur, M. F. Laporte, participait aux travaux de la Commission internationale de Photométrie dont l'origine était purement gazière.

» En 1912, l'Illuminating Society des États-Unis prit l'initiative d'un remaniement complet de l'organisation de cette Commission pour lui faire représenter effectivement tous les genres d'éclairages.

» M. Laporte fut désigné pour faire partie d'un Comité international très restreint qui élaborait avec beaucoup de difficultés et de travail le projet de statut qui fut discuté et adopté après diverses modifications par une réunion de délégués provisoires qui eut lieu à Berlin en août dernier. La Société des Électriciens y était représentée par MM. Broca, Laporte et par moi-même. La fin de l'année 1913 a vu la formation définitive à Paris du Comité national français de l'Éclairage. Le Laboratoire central y est représenté par son directeur et par M. Laporte.

» Cette nouvelle organisation a nécessité de nombreuses négociations et de laborieuses correspondances; nous devons nous féliciter de son heureuse issue.

» A Berlin également s'est réunie en septembre 1913 la Commission électrotechnique internationale. Le directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité faisait partie

des délégués français à cette réunion. Parmi les questions qui y furent traitées, l'une intéressait particulièrement le Laboratoire : c'est celle du cuivre normal international qui avait fait depuis plusieurs années l'objet d'une volumineuse correspondance entre M. Stratton, directeur du Bureau of Standard; M. Glazebrook, directeur du National Physical Laboratory; M. Warburg, directeur de la Technische Physikalische Reichsanstalt, et moi-même. Ce sujet, en effet, si simple en apparence, soulève de nombreuses difficultés de détail qui n'ont pu être levées qu'après de laborieuses discussions. Les décisions définitives viennent d'être publiées par la Commission électrotechnique internationale.

Signalons également que la Sous-Commission des symboles, que j'avais eu l'honneur de présider à Paris en 1913, est arrivée à Berlin à des résolutions définitives qui ont été ratifiées par l'Assemblée plénière.

» Un troisième organisme international s'est également fondé cette année : c'est la *Commission internationale de télégraphie sans fil scientifique*. Le Comité français a été constitué sous la présidence de notre président d'honneur M. Blondel. Il se compose de 11 membres et a choisi comme secrétaire M. R. Jouaust que ses recherches au Laboratoire central d'Électricité avaient tout désigné à ce poste particulièrement actif. Cette Commission a entrepris immédiatement tout un programme de recherches et nous ne doutons pas que cette étude collective ne conduise rapidement à de nombreux progrès.

» **RECHERCHES ET TRAVAUX SUR LES UNITÉS ET ÉTALONS ÉLECTRIQUES.** — A l'occasion de la consultation de la Société internationale des Électriciens par M. le Ministre du Commerce au sujet du projet de loi sur les unités et mesures, la Commission des Unités électriques constituée il y a quelques années a été réunie.

» J'ai présenté à cette Commission un travail résumant et précisant l'état actuel des principales questions relatives aux unités électriques, concordance des déterminations absolues, écart avec les valeurs internationales, concordance entre elles des diverses réalisations des unités internationales, etc.

» **a. RÉSISTANCES :** *Relation avec les laboratoires étrangers.* —

Nous avons eu l'occasion de comparer des résistances envoyées par le National Physical Laboratory et qui avaient été mesurées en fonction des étalons mercuriels réalisés dans cet établissement. Les prototypes français de l'ohm n'étant pas encore terminés, nous n'avons pu donner la valeur de ces résistances qu'en fonction de la valeur de la base de Washington en fonction de laquelle le National Physical Laboratory avait lui-même évalué la valeur de ses résistances. La concordance a été satisfaisante ainsi qu'on pourra le voir par les nombres suivants :

| N°.      | L. C. E.  | N. P. L.  | N. P. L. — L. C. E. |
|----------|-----------|-----------|---------------------|
| 118..... | 1,000 020 | 1,000 020 | 0.10 <sup>-8</sup>  |
| 203..... | 1,000 014 | 1,000 008 | —6                  |

» *Travaux effectués au Laboratoire central.* — M. R. Jouaust a continué l'étude des ohms montés avec du manganin de fabrication française. Il a constaté que le mode de montage utilisé au début ne convient pas et un nouveau procédé est en cours de réalisation.

» *b. ÉLÉMENTS ÉTALONS : Relations avec les laboratoires étrangers.* — 1° Nous avons donné au mois de juin 1911 deux éléments étalons à M. Shimidzu, de l'Electrotechnical Laboratory de Tokio, lors du voyage de ce physicien en France. Nous avons reçu des nouvelles de ces éléments qui ont été étudiés par M. Obata au mois de mai 1912.

» Les résultats obtenus sont exprimés par les différences avec la valeur de l'élément normal dans les deux laboratoires :

| N°.      | Paris<br>(24 juin 1911). | Tokio.<br>(3 juin 1912). |
|----------|--------------------------|--------------------------|
| 149..... | +3,5.10 <sup>-8</sup>    | +0,5.10 <sup>-8</sup>    |
| 150..... | +4,0                     | +0,6                     |

» 2° Nous avons profité du voyage de MM. Molikoff et Saltznoff, physiciens de la Chambre centrale des Poids et Mesures de Saint-Pétersbourg, pour comparer trois éléments construits au National Physical Laboratory. Nous devons rappeler à ce sujet que les éléments étalons du Laboratoire central d'Électricité, montés avec du sulfate mercurieux, préparé par l'électrolyse alternative, sont



considérés comme ayant une force électromotrice supérieure de 3 cent-millièmes à la normale. Nous tenons compte de cette différence systématique dans nos comparaisons et, dans ces conditions, les valeurs attribuées par M. Smith à ces éléments et celles que nous avons trouvées concordent à 1 cent-millième près.

» *Travaux effectués au Laboratoire central.* — Nous avons continué, comme les années précédentes, la fabrication systématique des éléments étalons. Environ 40 éléments sont fabriqués dans le courant de chaque année.

» RECHERCHES DIVERSES. — *a. PHOTOMÉTRIE : Recherche sur le rayonnement lumineux du platine.* — M. F. Laporte a étudié cette année et fait construire par l'atelier du Laboratoire, sous la direction de son chef M. Constans, un support photométrique à axe vertical, afin de pouvoir recevoir directement sur l'écran du photomètre le rayonnement lumineux du platine.

» Il a pu, avec la collaboration de M. Parmentier, ancien élève de l'École Normale supérieure, effectuer une première série de mesures préliminaires en employant un four constitué par un bloc de chaux et comme source de chaleur un chalumeau oxyhydrique. Bien que les appareils et le four aient fonctionné d'une manière très satisfaisante, la nature de la matière réfractaire et diverses causes accessoires empêchent jusqu'ici de pouvoir tirer des conclusions même provisoires des 83 fusions qu'ils ont réalisées.

» Divers projets ont été étudiés et des commandes passées pour chercher à éliminer les inconvénients reconnus. Nous espérons reprendre bientôt ce travail si intéressant.

» *b. HAUTES FRÉQUENCES.* — M. Jouaust, dans le courant de l'année 1913, a fait *une étude théorique et expérimentale sur les propriétés du fer aux fréquences élevées.* Cette étude sera prochainement présentée devant notre Société. Il a cherché également à étudier le décrétement logarithmique en T. S. F. par une méthode basée sur les propriétés magnétiques du fer; les résultats n'en sont pas encore définitifs.

» c. *Études sur la méthode de résonance pour la détermination des harmoniques.* — M. de La Gorce a poursuivi cette année une étude qu'il exposera prochainement devant vous sur les causes qui peuvent fausser les résultats de la méthode de résonance pour la détermination de l'amplitude des harmoniques dans une courbe périodique. Il a été amené à chercher les variations de la résistance des bobines et de la capacité des condensateurs en fonction de la fréquence et à déterminer leur importance dans le calcul des différentes amplitudes. Les conclusions de son étude vous en montreront tout l'intérêt.

» COMMUNICATIONS DIVERSES OU TRAVAUX AYANT DONNÉ LIEU A UNE PUBLICATION. — 1<sup>o</sup> M. Bureau a communiqué à la Société les résultats des *essais ayant pour but l'identification et la qualification des toiles isolantes*, travail qu'il avait entrepris sur l'initiative de M. Brunswick et à la demande de la première Section de la Société. Ce travail très systématique demanderait à être poursuivi par l'étude des autres genres d'isolants.

» 2<sup>o</sup> M. F. Laporte a rendu compte à la Société de Physique des *expériences internationales de Washington pour la détermination de la force électromotrice de l'élément Weston*.

» 3<sup>o</sup> Notons encore que le *Recueil des Constantes* publié en 1913 par la Société de Physique comporte des tableaux qui ont été établis grâce à l'active collaboration de M. de La Gorce. Ce sont ceux des résistivité des métaux et alliages, conductivités des alliages, résistivité des isolants industriels, résistivité des métalloïdes et de divers solides, force électromotrice des différentes piles, force électromotrice et capacité des accumulateurs.

» 4<sup>o</sup> Le Comité international, composé de MM. Rosa, Jaeger, Laporte, Smith et Wolff, a publié cette année son *Rapport des travaux de Washington en 1910*. Adressé au Comité international des unités et étalons électriques qui a été institué à Londres en 1908, ce Rapport forme un recueil de documents intéressants sur la question des mesures de précision et de leur uniformité internationale.

» 5<sup>o</sup> M. Jouaust a fait paraître, dans la *Revue générale des*

*Sciences*, un article très remarquable sur les alternateurs à haute fréquence employé dans la télégraphie sans fil.

» Enfin nous ferons connaître que le Laboratoire a obtenu un grand Prix à l'Exposition universelle de Gand, où il exposait des Tables statistiques et quelques oscillogrammes particulièrement intéressants.

## II. — École supérieure d'Électricité.

» 1. MATÉRIEL. — A. *Atelier*. — L'atelier s'est enrichi, en 1913, des machines suivantes :

» Un tour parallèle de précision à charioter et à fileter; hauteur de pointe, 100 mm; longueur entre pointes, 100 mm;

» Une machine à percer de précision pouvant percer jusqu'à 5 mm;

» Un bâti de meules à deux meules émeri de 20 × 150 mm;

» Enfin une assez grande quantité de petit outillage.

» Rappelons que l'atelier est commun au Laboratoire et à l'École, et que, chaque année, dans le temps laissé libre par les travaux des élèves, le personnel de l'atelier consacre tout son temps soit à l'entretien du matériel, soit à la construction de matériel neuf qui vient enrichir constamment les collections du Laboratoire et de l'École.

» B. *Salles des machines*. — Nous avons, au cours de l'exercice qui vient de s'écouler, fait les acquisitions des machines suivantes :

» Un moteur monophasé à collecteur de 3 kW des ateliers du Nord et de l'Est;

» Un moteur identique de construction Brown-Boveri;

» Un survolteur de 75 ampères, 0 à 55 volts qui, monté en série avec la génératrice Postel-Vinay, permet d'assurer, dans de meilleures conditions, la charge de la batterie de 66 éléments Tudor de la salle des machines.

» Parmi les installations nouvelles, nous signalerons :

» La construction de deux nouvelles plates-formes d'essai qui permettent de réduire le nombre des élèves manipulant ensemble, et d'augmenter ainsi le rendement de leur travail;

» La construction, par le personnel de la salle des machines, d'un tableau destiné à la commande du groupe Gramme mono-, di- et triphasé.

» *C. Salle des mesures.* — Notre collection d'appareils de mesure s'est enrichie d'instruments particulièrement intéressants destinés surtout à l'emploi du courant vibré qui est appelé à rendre de si précieux services dans les laboratoires. Dans cet ordre d'idées, nous avons acquis :

» Un vibreur, dit « Hummer », construit par la maison Paul, de Londres;

» Deux galvanomètres à résonance de Campbell, avec bobines interchangeables, pouvant s'accorder avec les fréquences comprises entre 40 et 1000 périodes par seconde;

» Un pont de de Sauty construit par la maison Carpentier, et dont l'étalon de capacité a une valeur de 0,01  $\mu$ F.

» Nous devons signaler également un vibreur de principe extrêmement simple et ingénieux, construit dans notre atelier sur les indications de M. Chaumat. Cet appareil est constitué par une tige de cuivre frottant sur une roue moletée actionnée par une manivelle; il est monté en série avec un ou deux éléments de pile et le primaire d'un petit transformateur téléphonique. Les interruptions produites par le frottement de la tige sur les dents très fines de la roue créent dans le secondaire du transformateur des courants alternatifs qui permettent de faire, par exemple, des mesures de capacité par le pont de Sauty avec une remarquable précision.

» Enfin, nous avons acquis un pyromètre Le Chatelier, avec deux couples (l'un, fer-constantan pour les températures inférieures à 900°; l'autre, platine-platine iridié, pour les températures jusqu'à 1600°); cet appareil, qu'on peut monter à l'extrémité d'une canne en fer, est un exemple, pour nos élèves, des méthodes

qui permettent de mesurer les hautes températures, et dont l'emploi se généralise de plus en plus dans l'industrie.

» 2. INSTALLATIONS NOUVELLES. — Bien que ces installations soient, à l'heure actuelle, à peine achevées, nous en parlerons dès cette année, étant donné qu'elles figurent pour la plus grande partie sur le budget de l'année qui vient de s'écouler, et qu'elles représentent le gros travail de ces derniers mois.

» Elles comprennent tout d'abord l'installation d'un groupe Bonnier permettant d'obtenir, au moyen de deux alternateurs montés sur le même arbre, des courants et des tensions présentant des déphasages réglables à volonté. Outre les étalonnages de compteurs par alimentation séparée des circuits, volts et ampères, ce groupe permettra de réaliser des exercices très variés et du plus haut intérêt.

» Il est commandé par un tableau construit sur nos indications, permettant d'effectuer avec facilité toutes les manœuvres nécessaires; ce tableau lui-même constituera pour nos élèves un modèle intéressant.

» Enfin on a procédé à la réorganisation complète des installations électriques de la salle des mesures.

» La batterie Tudor de 66 éléments a été soigneusement isolée. Son tableau de distribution, qui permet d'envoyer dans la salle des courants à tension comprise entre 0 et 130 volts, a été complètement modifié et rendu d'un usage plus commode. Toutes les lignes de distribution ont été refaites, d'une part pour remédier à des défauts d'isolement gênants, d'autre part pour permettre une indépendance plus grande des plates-formes d'essai.

» Ajoutons pour terminer qu'à part la réfection de la batterie, tous ces travaux, y compris le montage complet du tableau du groupe Bonnier, ont été effectués par la seule main-d'œuvre de l'École; le remplacement de toutes les lignes a eu lieu pendant les mois de travaux d'élèves sans que, de ce fait, ils aient une seule fois été interrompus.

» 3. ENSEIGNEMENT. — Notre enseignement n'a pas subi de changement important en 1912-1913. Nous devons signaler cepen-

pendant que le programme des travaux de laboratoire et des essais de machines s'enrichit tous les ans. Les méthodes anciennes ou surannées sont abandonnées pour faire place aux méthodes modernes. Ces exercices pratiques, joints aux travaux d'atelier qui ont surtout pour objet l'étude pratique des enroulements, occupent nos élèves 20 heures par semaine pendant toute l'année : c'est dire l'importance que nous attachons à cet enseignement indispensable pour de futurs ingénieurs électriciens.

» Au point de vue de l'organisation de nos cours et conférences, on trouvera dans l'*Annuaire* de la Société pour 1914 un tableau systématique de notre enseignement oral qui montrera bien dans quel esprit sont traités, par nos éminents conférenciers, les différents sujets qui constituent les grandes divisions de l'Électrotechnique.

» 4. VOYAGE D'ÉTUDE. — Le voyage d'études s'est effectué sous ma direction au mois de mars 1913 : il comprenait 53 participants ; c'est le nombre le plus élevé qui ait jamais été atteint. Rappelons que ce voyage a une durée de 11 jours et représente une dépense d'environ 275 fr par élève. Nous en avons modifié notablement le programme en 1913, de manière à pouvoir visiter les stations toutes modernes du Löntch et de l'Albula dans le canton des Grisons, stations qui desservent l'une la ville, l'autre le canton de Zurich. Une fois arrivés dans ces régions déjà plus éloignées, il était tout indiqué de voir le chemin de fer à courant continu de la Bernina qui nous amenait naturellement à la puissante station de Brusio, puis nous faisait redescendre en Italie pour trouver l'installation triphasée déjà ancienne, mais instructive du chemin de fer de la Valteline. Le retour par le Simplon nous ramenait dans notre voie ordinaire pour montrer à nos élèves les installations à courant continu d'intensité constante de M. Thury qui offrent toujours pour eux un grand intérêt. Au retour, nous devons signaler à Lyon une visite des plus intéressantes de la nouvelle station centrale à vapeur de la Compagnie du gaz. Nous devons, à ce sujet, adresser nos plus vifs remerciements à nos collègues MM. Boutan et Maréchal qui avaient organisé cette visite avec le plus grand soin, de manière qu'elle fût aussi profitable que possible à nos élèves.

» Comme chaque année, notre excellent collègue et conférencier M. Mazen a bien voulu nous accompagner pendant une partie, trop courte, de notre tournée et illustrer sur place, avec une complaisance inépuisable, son enseignement sur la traction électrique si goûté de nos élèves. Comme chaque année, quatre bourses et une fraction de bourse avaient été mises à la disposition de nos élèves par M. le Ministre du Commerce, auquel nous sommes très reconnaissants de cette marque d'intérêt donnée à nos élèves; deux autres bourses nous avaient été offertes par nos conférenciers.

» 5. PROMOTION XIX (1912-1913). — Il a été délivré, à la fin de juillet dernier, 113 diplômes se répartissant ainsi :

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Officiers et ingénieurs délégués par les Ministères.....                      | 22  |
| Ingénieurs des Arts et Métiers.....                                           | 22  |
| Licenciés ès sciences.....                                                    | 18  |
| Élèves étrangers diplômés d'Écoles techniques supérieures..                   | 7   |
| Anciens élèves de l'École Polytechnique.....                                  | 6   |
| Ingénieurs des Arts et Manufactures.....                                      | 3   |
| Ingénieur civil des Mines (Saint-Étienne).....                                | 1   |
| Ingénieur des Constructions civiles.....                                      | 1   |
| Ingénieur physicien de l'École de Physique et de Chimie<br>industrielles..... | 1   |
| Élèves reçus au concours et divers.....                                       | 32  |
| Total.....                                                                    | 113 |

» 6. PROMOTION XX (1913-1914). — La promotion actuellement en cours d'études comprend 125 élèves et a la composition suivante :

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ingénieurs des Arts et Métiers.....                                          | 35  |
| Licenciés ès sciences.....                                                   | 14  |
| Officiers et ingénieurs délégués par les Ministères.....                     | 10  |
| Élèves étrangers diplômés d'écoles techniques supérieures..                  | 10  |
| Anciens élèves de l'École Polytechnique.....                                 | 6   |
| Ingénieurs des Arts et Manufactures.....                                     | 4   |
| Ingénieurs de l'École de Physique et de Chimie industrielles.                | 2   |
| Ingénieur civil des Mines (Paris).....                                       | 1   |
| Ingénieur stagiaire de 1 <sup>re</sup> classe de l'École centrale lyonnaise. | 1   |
| Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Aéronautique....                   | 1   |
| Élèves reçus au concours.....                                                | 41  |
| Total.....                                                                   | 125 |

» A ces élèves réguliers il convient d'ajouter 4 auditeurs libres suivant en tout ou en partie notre enseignement.

» 7. ANCIENS ÉLÈVES. — Le nombre total d'anciens élèves ayant passé par l'École supérieure d'Électricité (non compris la promotion actuelle) est de 1516 se décomposant comme suit :

|                                                                                                                                     |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Officiers et ingénieurs délégués par les Ministères français de la Guerre, de la Marine et du Commerce (Postes et Télégraphes)..... | 179  |
| Licenciés ès sciences.....                                                                                                          | 199  |
| Anciens élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers.....                                                                         | 181  |
| Ingénieurs des Arts et Manufactures.....                                                                                            | 171  |
| Anciens élèves de l'École Polytechnique.....                                                                                        | 144  |
| Élèves étrangers, diplômés d'écoles techniques supérieures.                                                                         | 141  |
| Ingénieurs civils des Mines, des Constructions civiles, des Constructions navales.....                                              | 41   |
| Anciens élèves de l'École centrale lyonnaise et de l'École municipale de Physique et de Chimie.....                                 | 7    |
| Élèves reçus au concours et divers.....                                                                                             | 453  |
| Total.....                                                                                                                          | 1516 |

» Sur ces 1516 élèves, 1288 ont obtenu le diplôme. Autant que nous pouvons en juger, les situations occupées actuellement par ces derniers se répartissent ainsi :

|                                                           |      |
|-----------------------------------------------------------|------|
| Stations centrales.....                                   | 235  |
| Ateliers et maisons de construction.....                  | 227  |
| Armée, Marine, Télégraphes (officiers et ingénieurs)..... | 170  |
| Chemins de fer.....                                       | 87   |
| Enseignement, laboratoires et service de contrôle.....    | 80   |
| Tramways.....                                             | 49   |
| Ingénieurs conseils.....                                  | 42   |
| Électrochimie et Électrometallurgie.....                  | 39   |
| Travaux publics.....                                      | 34   |
| Mines.....                                                | 33   |
| Automobilisme.....                                        | 14   |
| Divers.....                                               | 88   |
| Situations inconnues.....                                 | 156  |
| Décédés.....                                              | 34   |
| Total.....                                                | 1288 |

» 8. COURS DE RADIOTÉLÉGRAPHIE. — Les cours et exercices



pratiques de la troisième Session se sont ouverts le 17 novembre 1913 pour se terminer le 26 février dernier. Le nombre des élèves a été de 15, se répartissant ainsi :

|                                                                                        |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Officiers délégués par le Ministère de la Guerre :                                     |                                                        |
| Génie.....                                                                             | 2                                                      |
| Artillerie coloniale.....                                                              | 1                                                      |
| Infanterie coloniale.....                                                              | 3                                                      |
| Aéronautique militaire                                                                 | { Artillerie coloniale..... } 3                        |
|                                                                                        | { Off. d'administration de 2 <sup>e</sup> classe.... } |
| Officiers délégués par le Ministre de la Marine.....                                   | 3                                                      |
| Ingénieur délégué par le Ministère des Colonies :                                      |                                                        |
| Ingénieur de 1 <sup>re</sup> classe des Travaux publics des Colonies (Madagascar)..... | 1                                                      |
| Élèves civils.....                                                                     | 2                                                      |
| Total.....                                                                             | 15                                                     |

» Dans sa séance du 26 février dernier, le Conseil de l'École a décidé que deux sortes de sanction pourraient être délivrées à cette catégorie d'élèves. La première, dénommée « brevet d'études radiotélégraphiques », est obtenue par tout élève ayant obtenu, pour tous les exercices, projets et épreuves orales de cette Section spéciale, une note égale ou supérieure à 14; la seconde, dénommée « certificat d'études radiotélégraphiques », est délivrée à tout élève ayant obtenu une note moyenne égale ou supérieure à 11 et inférieure à 14. Au-dessous de 11, il n'est rien délivré.

Pour la session 1913-1914, il a été délivré 11 brevets et 4 certificats.

» 9. SOCIÉTÉ AMICALE DES INGÉNIEURS SORTIS DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ. — Cette Société comptait au 31 décembre dernier 624 membres, soit 60 de plus qu'en 1912. Pendant l'année 1913, cette Société a signalé son activité par la création d'une caisse de crédit d'études destinée à venir en aide, par des prêts d'honneur, aux élèves en cours d'études dont la situation de fortune est difficile; les premiers fonds de cette caisse ont été obtenus par une souscription restreinte ouverte dans le Comité de la Société amicale qui a rapporté immédiatement 795 fr. Une autre souscription, ouverte parmi les membres du Comité de la Société internationale des Électriciens, a produit 1715 fr. La nouvelle

caisse possède donc actuellement 2510 fr dont une partie est déjà engagée. Nous ne saurions trop attirer l'attention de nos collègues sur cette fondation qui présente un si haut degré d'intérêt; elle répond à un véritable besoin dont peuvent juger ceux qui, comme nous, voient passer près d'eux chaque année plus d'une centaine de jeunes gens dont ils reçoivent les confidences. Les fonds obtenus sont encore très insuffisants : nous sommes certains que l'appel que nous faisons ici sera entendu, et que des donations importantes viendront consolider cette caisse qui, au bout de quelques années, doit se suffire à elle-même.

» Le service de placement fonctionne toujours avec succès : 183 offres d'emplois sont arrivés à la Société amicale en 1913, contre 148 en 1912.

» Des groupements provinciaux se sont formés à Lille, à Lyon, à Nantes. Les réunions mensuelles de Paris ont été de plus en plus suivies; enfin le *Bulletin* se développe et, tout en restant fidèle à son but, qui est d'établir un lien entre d'anciens camarades, s'enrichit de plus en plus de communications techniques intéressantes.

» CONCLUSION. — L'impression qui se dégage de l'énumération des documents et des statistiques qui précèdent ne peut faire de doute : les fondations de la Société des Électriciens sont en pleine prospérité et en pleine activité. Cette énumération a pu paraître aride et dépourvue de tout ornement; mais il est une chose dont nous avons horreur, ce sont les phrases sans faits, les brevets d'admiration décernés à soi-même, l'exagération des résultats obtenus, en un mot ce qu'on appelle aujourd'hui *la réclame*. Nous avons l'intime conviction que le travail en silence constitue à la longue une force autrement puissante que des manifestations incessantes qui peuvent donner un instant le change, mais ne résistent pas à un examen un peu raisonné. Il faut cependant qu'on nous connaisse, et ce rapport est bien fait, je crois, pour nous faire connaître : l'ardeur ne fait défaut ni à nous, ni à notre personnel si dévoué que je veux remercier ici en la personne de nos deux éminents sous-directeurs, M. F. Laporte et M. H. Chaumat; le succès de nos efforts nous est confirmé par la réputation qu'ont acquise

bien loin le Laboratoire central et l'École supérieure d'Électricité : ce sont deux organismes grands par l'esprit qui les anime et par l'action qu'ils répandent autour d'eux : nous avons l'intime conviction que la force des choses leur créera une installation matérielle digne des services qu'ils rendent, dignes de la Ville de Paris, dignes de la France.

**NOMINATION DE M. VIOLET COMME TRÉSORIER HONORAIRE.**

M. le PRÉSIDENT. — « Vous savez que l'année dernière, après plus de quinze années de services rendus à la Société, notre trésorier, M. Violet, a demandé à prendre un repos bien mérité. Pour exprimer à M. Violet la reconnaissance que nous lui gardons, le Comité a décidé de proposer à l'Assemblée générale sa nomination comme trésorier honoraire.

» Je demande à ceux qui sont de cet avis de vouloir bien lever la main. Je constate que toutes les mains se sont levées, et qu'aucune main ne se lève à la contre-épreuve.

» A l'unanimité, vous avez décerné à M. Violet le titre de trésorier honoraire. »

**RELÈVEMENT DU TAUX DE LA COTISATION.**

M. le PRÉSIDENT. — « Je serai assez bref sur cette question qui a déjà été portée à votre connaissance par le *Bulletin*.

» La Société internationale doit une grande partie de son autorité et de son prestige à la hardiesse avec laquelle, sous l'impulsion de ses dirigeants et notamment du regretté Mascart, elle a toujours été de l'avant. Dans ses plus heureuses et coûteuses initiatives, elle a cherché d'abord à atteindre le but visé, quitte à se tirer d'affaire ensuite, grâce aux concours de généreux donateurs. Elle a assumé ainsi des charges très lourdes et donné l'exemple, trop rare dans notre pays, d'une institution, d'intérêt général, fonctionnant en dehors des subventions régulières de l'État. C'est dans le Laboratoire

central qu'ont été exécutées les recherches métrologiques sur les étalons électriques qui partout ailleurs, en Angleterre comme en Amérique ou en Allemagne, incombait à des laboratoires d'État. Mais l'insuffisance de ressources régulières s'est fait sentir à maintes reprises dans l'absence des fonds d'amortissement ou de renouvellement du matériel, et sur d'autres chapitres encore. Si une souscription récente, au succès de laquelle cette année encore a particulièrement contribué M. Legouez, a suppléé à ces lacunes, il n'en a pas moins paru désirable à tous de chercher à diminuer l'écart entre nos dépenses et nos ressources normales.

» La question de l'augmentation de la cotisation, soulevée depuis plusieurs exercices, a paru mûre cette année. Avant de vous soumettre des décisions fermes, nous avons eu soin de porter les faits à la connaissance de tous; nous avons procédé à des sondages, comme on dit en style de finances, tant à Paris qu'en province, aussi bien parmi les membres anciens qui ont suivi la vie de la Société depuis de longues années, que parmi les jeunes qui constituent les réserves de l'avenir.

» La conclusion à laquelle nous nous sommes arrêtés est un relèvement très modéré qui sera, nous l'espérons, accepté sans difficulté par tous. A partir du 1<sup>er</sup> janvier 1915, le taux de la cotisation annuelle sera porté de 20 fr à 25 fr. Cette modification entraînera un relèvement corrélatif du taux de rachat de la cotisation.

» Tels sont les objets des articles que je vais mettre aux voix.

### PROPOSITION I.

» Le texte des articles 1 et 9 du Règlement intérieur est modifié de la manière suivante :

#### ARTICLE PREMIER.

» Le montant de la cotisation annuelle est fixé à 25 fr.

#### ARTICLE 9.

» Les membres peuvent se libérer de toute cotisation moyennant le paiement d'une somme de 360 fr, effectué soit en un versement, soit en deux versements annuels de 180 fr pendant deux années

consécutives, soit en trois versements annuels de 120 fr pendant trois années consécutives.

» Dans le cas où ils cesseraient de faire partie de la Société avant le versement de la totalité des annuités précédemment indiquées, les versements effectués demeureraient acquis à la Société.

## PROPOSITION II.

» La modification ci-dessus de l'article 1 du Règlement intérieur entrera en vigueur à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1915.

» La modification à l'article 9 entrera en vigueur immédiatement.

» Les articles précédents sont tous mis aux voix et adoptés. »

M. le PRÉSIDENT invite ensuite les sociétaires qui n'ont pas encore voté à venir déposer dans les urnes leur bulletin de vote pour le renouvellement des membres du Comité et de la Commission des Comptes; à cet effet, la séance est suspendue pendant 10 minutes et trois bureaux de scrutin sont constitués.

A la reprise et durant que s'effectue le dépouillement du vote, il est donné suite à l'ordre du jour qui appelle les communications techniques.

# SITUATION FINANCIÈRE.

## COMPTES DE L'EXERCICE 1913.

DÉBIT.

### I. — Services généraux.

CRÉDIT.

|                                       | fr       |                                 | fr        |
|---------------------------------------|----------|---------------------------------|-----------|
| Cotisations libérées.....             | 2125,00  | Bulletin.....                   | 30807,49  |
| Cotisations de l'exercice.....        | 32840,00 | Frais d'administration.....     | 2700,10   |
| Intérêts.....                         | 2810,49  | Personnel.....                  | 10131,90  |
| Produits du Bulletin.....             | 9213,95  | Frais de correspondance.....    | 986,60    |
| Dons avec affectations spéciales..    | 1000,00  | Frais de réunions.....          | 1710,75   |
| Dons d'Ouvrages divers.....           | 347,50   | Commission électrotechnique.    | 1500,00   |
| Participation de l'École à la Subven- |          | Congrès.....                    | 12695,00  |
| tion du Laboratoire.....              |          | Cotisations irrécouvrables..... | 460,00    |
| Congrès.....                          | 1435,52  | Profits et pertes.....          | 234,25    |
| Souscriptions pour le Laboratoire..   | 12960,00 | Subvention au Laboratoire....   | 2435,52   |
| Fondation Joubert.....                | 30270,00 | Bibliothèque.....               | 867,35    |
| Intérêts du legs Hughes.....          | 9575,38  | Placement au fonds social.....  | 2125,00   |
| » Cheux.....                          | 1500,00  | Placement à la fondation Jou-   |           |
| » de la Fondation Joubert....         | 1222,00  | bert.....                       | 9575,38   |
|                                       | 331,20   | Souscriptions pour le Labor-    |           |
|                                       |          | toire.....                      | 30270,00  |
|                                       |          | Bourse Hughes.....              | 500,00    |
|                                       |          | — Cheux.....                    | 1000,00   |
|                                       |          | — Joubert.....                  | 331,20    |
|                                       |          | Réserve :                       |           |
|                                       |          | Bourse Hughes.....              | 1000,00   |
|                                       |          | » Cheux.....                    | 222,00    |
|                                       |          | Amortissement :                 |           |
|                                       |          | Bibliothèque.....               | 347,50    |
|                                       |          |                                 | 109903,04 |
|                                       |          |                                 | fr        |
|                                       |          |                                 | 109903,04 |

### II. — Laboratoire.

|                                              |           |                                                    |          |
|----------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------|----------|
| Arrangés de la rente.....                    | 7903,00   | Frais d'opérations et essais taxés :               |          |
| Redevances pour essais et étalonnements..... | 102497,52 | Machine à vapeur, moteurs à gaz et électrique..... | 17912,35 |
| Redevances des élèves et tiers...            | 600,80    | Produits.....                                      | 4143,10  |
| Subvention de la Société.....                | 8135,52   | Atelier.....                                       | 1120,00  |
| Profits et pertes.....                       | 90,16     | Déplacement du personnel..                         | 5181,90  |
| Dons en nature.....                          | 100,00    | Personnel.....                                     |          |
| Amortissement :                              |           | Frais d'administration :                           |          |
| Ministère du Commerce.....                   | 5000,00   | Frais de bureau, correspon-                        |          |
|                                              |           | dance et divers.....                               | 2834,15  |
|                                              |           | Coke.....                                          | 1432,80  |
|                                              |           | Gaz.....                                           | 2546,60  |
|                                              |           | Industrie.....                                     | 941,92   |
|                                              |           | Laboratoire.....                                   | 941,92   |

III. — École.

|                                                    |          |  |  |                        |                         |
|----------------------------------------------------|----------|--|--|------------------------|-------------------------|
| Entretien des bâtiments.....                       |          |  |  |                        |                         |
| Entretien des machines et appareils.....           |          |  |  |                        | 3928,80                 |
| Expériences et recherches.....                     |          |  |  |                        | 5092,45                 |
| Acquisition d'instruments et de matériel.....      |          |  |  |                        | 6719,10                 |
| Chauffage central.....                             |          |  |  |                        | 9225,60                 |
| Amortissement :                                    |          |  |  |                        |                         |
| Constructions.....                                 | 5000,00  |  |  |                        |                         |
| Instruments et matériel.....                       | 100,00   |  |  |                        |                         |
|                                                    |          |  |  |                        | <sup>fr</sup> 124627,00 |
| <hr/>                                              |          |  |  |                        |                         |
| Personnel.....                                     |          |  |  | <sup>fr</sup> 57476,15 |                         |
| Travaux des élèves :                               |          |  |  |                        |                         |
| Machine à vapeur, moteurs à gaz et électrique..... |          |  |  |                        | 5175,15                 |
| Produits.....                                      |          |  |  |                        | 3159,50                 |
| Atelier.....                                       |          |  |  |                        | 5409,70                 |
| Conférences, projets, examens, etc.....            |          |  |  |                        | 34665,95                |
| Fournitures diverses.....                          |          |  |  |                        | 5730,00                 |
| Frais d'administration :                           |          |  |  |                        | 54140,30                |
| Frais de bureau, correspondance et divers.....     |          |  |  |                        | 3135,10                 |
| Chauffage et éclairage.....                        |          |  |  |                        | 3824,45                 |
| Entretien des bâtiments.....                       |          |  |  |                        | 6959,55                 |
| Entretien des machines et appareils.....           |          |  |  |                        | 1317,70                 |
| Impôts, assurances.....                            |          |  |  |                        | 4048,30                 |
| Participation à la subvention du Laboratoire.....  |          |  |  |                        | 2818,25                 |
| Profits et pertes.....                             |          |  |  |                        | 1435,52                 |
| Acquisition d'instruments et de matériel.....      |          |  |  |                        | 48,50                   |
| Radiotélégraphie :                                 |          |  |  |                        | 10832,40                |
| Exploitation.....                                  |          |  |  |                        | 12299,35                |
| Instruments et matériel....                        |          |  |  |                        | 1377,70                 |
| Solde reporté à 1914.....                          |          |  |  |                        | 16697,95                |
| PlACEMENT AU FONDS DE RÉSERVE.                     |          |  |  |                        | 30375,00                |
| Amortissement :                                    |          |  |  |                        | 4970,00                 |
| Instruments et matériel.....                       |          |  |  |                        | 1120,00                 |
| Solde créditeur.....                               |          |  |  |                        | 3227,50                 |
|                                                    |          |  |  |                        | <sup>fr</sup> 178769,17 |
|                                                    |          |  |  |                        | <u>413299,21</u>        |
| <hr/>                                              |          |  |  |                        |                         |
| Redevances des élèves et auditeurs.                |          |  |  |                        |                         |
| Souscriptions.....                                 |          |  |  |                        |                         |
| Don.....                                           |          |  |  |                        |                         |
| Intérêts.....                                      |          |  |  |                        |                         |
| Subvention de la Ville de Paris....                |          |  |  |                        |                         |
| Dons en nature.....                                |          |  |  |                        |                         |
| Radiotélégraphie :                                 |          |  |  |                        |                         |
| Redevances des élèves.                             | 12375,00 |  |  |                        |                         |
| Subventions.....                                   | 18000,00 |  |  |                        |                         |
|                                                    |          |  |  |                        | <sup>fr</sup> 178769,17 |
|                                                    |          |  |  |                        | <u>413299,21</u>        |

# BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1913.

## PASSIF.

### I. -- Services généraux.

|                                         |          |
|-----------------------------------------|----------|
| Cotisations anticipées.....             | 547,00   |
| Créditeurs divers.....                  | 470,45   |
| Frais de publication.....               | 944,10   |
| Bourse Hughes.....                      | 1761,95  |
| Fondation Cheux.....                    | 1414,00  |
| Fonds affectés au Labora-<br>toire..... | 53069,70 |
|                                         | 58235,20 |

## ACTIF.

|                                                     |           |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| Fonds social (valeur au<br>31 décembre 1913) :      | fr        |
| 50 obl. P.-L.-M. 3 %.....                           | 20350,00  |
| 9 obl. Est 3 %.....                                 | 3721,50   |
| 4 obl. Ouest-Algérien 3 %.....                      | 1596,00   |
| 758 <sup>re</sup> de rente 3 %.....                 | 21577,75  |
| Espèces.....                                        | 37,47     |
| Legs Hughes (valeur au 31 dé-<br>cembre 1913) :     | 47283,72  |
| 1500 <sup>re</sup> de rente 3 %.....                | 42700,00  |
| Legs Cheux (valeur au 31 dé-<br>cembre 1913) :      | 34786,25  |
| 1222 <sup>re</sup> de rente 3 %.....                |           |
| Fondation Joubert (valeur au<br>31 décembre 1913) : | 9361,00   |
| 23 obl. P.-L.-M. 3 %.....                           | 26,28     |
| Espèces.....                                        | 9387,28   |
| Fonds disponibles (valeur au<br>31 décembre 1913) : |           |
| 20 obl. Nord 3 %.....                               | 8320,00   |
| 30 obl. État 4 %.....                               | 15090,00  |
| 40 obl. Orléans 4 %.....                            | 19880,00  |
| Caisse et banquier.....                             | 43290,00  |
| Cotisations à toucher.....                          | 25630,34  |
| Débiteurs divers.....                               | 2790,00   |
| Bibliothèque.....                                   | 803,45    |
| Mobilier.....                                       | 92396,40  |
| Compte d'ordre.....                                 | 1000,00   |
|                                                     | 249536,34 |



|                              |               |                        |                |
|------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Bibliothèque.....            | fr<br>2975,40 | Créditeurs divers..... | fr<br>14212,39 |
| Constructions.....           | 217400,43     |                        |                |
| Instruments et matériel..... | 234373,69     |                        |                |
| Caisse.....                  | 490,89        |                        |                |
| Débiteurs divers.....        | 13081,50      |                        |                |
| Cautionnement.....           | fr<br>640,00  |                        |                |
|                              | 468961,91     |                        |                |

III. — *École.*

|                                                     |                 |                                         |                  |
|-----------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------|------------------|
| Instruments et matériel.....                        | fr<br>219854,75 | Amortissement de l'em-<br>prunt.....    | fr<br>599,16     |
| Constructions.....                                  | 92961,70        | Créditeurs divers.....                  | 5311,20          |
| Fonds de réserve (valeur au<br>31 décembre 1913) :  |                 | Redevances des élèves<br>pour 1914..... | 32900,00         |
| 625 <sup>fr</sup> de rente 3 %.....                 | 17791,60        | Radiotélégraphie 1914....               | 18197,95         |
| 46 obl. Orléans 3 %.....                            | 19251,00        |                                         | fr<br>57008,31   |
| 10 obl. Orléans 4 %.....                            | 4970,00         |                                         | 129155,90        |
| 12 obl. Nord 3 %.....                               | 4992,00         |                                         |                  |
| 10 obl. Etat 4 %.....                               | 5030,00         |                                         |                  |
| Fonds disponibles (valeur au<br>31 décembre 1913) : |                 |                                         |                  |
| 39 <sup>fr</sup> de rente 3 %.....                  | 1110,20         |                                         |                  |
| 68 obl. Nord 3 %.....                               | 28288,00        |                                         |                  |
| 19 obl. Orléans 3 %.....                            | 7951,50         |                                         |                  |
| 20 obl. Orléans 4 %.....                            | 9940,00         |                                         |                  |
| Caisse et banquier.....                             | 47289,70        |                                         |                  |
| Débiteurs divers.....                               | 21506,78        |                                         |                  |
| Cautionnement.....                                  | 19700,00        |                                         |                  |
| Compte d'ordre.....                                 | 143,35          |                                         |                  |
|                                                     | fr<br>7530,75   |                                         |                  |
|                                                     | 461021,63       |                                         |                  |
|                                                     | 1179539,98      |                                         |                  |
|                                                     |                 | Avoir net au 31 décembre 1913 :         |                  |
|                                                     |                 | Services généraux.....                  | fr<br>191321,24  |
|                                                     |                 | Laboratoire.....                        | 454749,52        |
|                                                     |                 | École.....                              | 404013,32        |
|                                                     |                 |                                         | fr<br>1050084,08 |
|                                                     |                 |                                         | 1179539,98       |



## TRAVAUX DU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

---

### ESSAIS PHOTOMÉTRIQUES SOMMAIRES D'APPAREILS CINÉMATOGRAPHIQUES.

M. F. LAPORTE. — « Cette Communication n'a nullement pour objet une étude raisonnée du cinématographe ou de son système optique, ni même une comparaison des appareils en usage dans des conditions d'emploi identiques. Les résultats qui vont vous être donnés ont été obtenus rapidement et relevés d'une manière fort sommaire. Le seul intérêt qu'ils présentent est de montrer que, même très simples, des essais photométriques permettent de déceler des différences considérables et seraient susceptibles d'amener des progrès tout au moins dans le bon réglage des instruments.

» L'essai d'un appareil, monté et réglé par le constructeur, comportait les opérations suivantes :

» La distance de l'appareil à l'écran était mesurée avec un mètre ainsi que les dimensions de l'image sur l'écran.

» Le dispositif cinématographique étant arrêté et le photomètre étant substitué à l'écran, on déterminait l'éclairement de l'image et en même temps on mesurait la puissance dépensée par la source lumineuse électrique, arc ou lampe à incandescence.

» Rien n'étant changé au système optique, on mettait en marche le cinématographe et l'on relevait de nouveau l'éclairement sur l'écran et la puissance dépensée.

» On faisait fonctionner l'appareil sans pellicule ni cuve à eau. Pour l'évaluation de la puissance dépensée, on a admis que l'énergie électrique était fournie à la tension de 110 volts.

» L'éclairement sur l'écran dépend de la distance de projection laissée entièrement au choix de l'opérateur, il ne permet donc pas une comparaison facile. Par contre, si l'on admet que les images étaient également éclairées dans toute leur étendue (hypothèse très voisine de la réalité), il est facile de calculer pour chaque appa-

reil le flux lumineux utile : c'est le produit de l'éclairement par l'aire de l'image sur l'écran. Le flux se conserve le long du faisceau; il peut servir à comparer les appareils; mais comme il augmente avec la puissance et que la dépense d'énergie varie beaucoup dans les différentes sources lumineuses utilisées, il est naturel de prendre le flux puissancique comme commune mesure.

» Voici les résultats obtenus dans les essais :

| Source lumineuse. | Image<br>m × m. | Distance<br>m. | Appareil arrêté. |                          |                          | Appareil en marche.             |                 |                          |                          |                                 | Rapport<br>$\frac{B}{A}$ |
|-------------------|-----------------|----------------|------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|
|                   |                 |                | Puissance<br>W.  | Éclai-<br>rement<br>lux. | Flux<br>utile<br>lumens. | Flux<br>puissan-<br>cique<br>A. | Puissance<br>W. | Éclai-<br>rement<br>lux. | Flux<br>utile<br>lumens. | Flux<br>puissan-<br>cique<br>B. |                          |
| Arc.              | 2 × 1,5         | 11,65          | 1280             | 95,2                     | 285                      | 0,228                           | 1345            | 40 <sup>(1)</sup>        | 120 <sup>(1)</sup>       | 0,089 <sup>(1)</sup>            | 0,9                      |
| Arc.              | 2 × 1,5         | 11,40          | 2940             | 466                      | 1398                     | 0,476                           | 2875            | 229                      | 688                      | 0,239                           | 0,50                     |
| Arc.              | 1,85 × 1,4      | 8,10           | 1043             | 168                      | 432                      | 0,414                           | 1154            | 124                      | 320                      | 0,277                           | 0,67                     |
| Arc.              | 2,6 × 1,85      | 11,20          | 2580             | 188                      | 958                      | 0,322                           | 2510            | 120                      | 611                      | 0,243                           | 0,75                     |
| Arc.              | 2 × 1,55        | 6,70           | 998              | 6,4                      | 19,6                     | 0,020                           | 1005            | 4,2                      | 13                       | 0,013                           | 0,65                     |
| Arc.              | 2 × 1,55        | 6,70           | 1880             | 20,9                     | 64,4                     | 0,034                           | 1910            | 13                       | 40                       | 0,021                           | 0,60                     |
| Nernst            | 1,37 × 0,96     | 5,30           | 114,5            | 6,6                      | 8,7                      | 0,075                           | 114,5           | 5,3                      | 7,0                      | 0,061                           | 0,80                     |
| Osram             | 1,8 × 1,35      | 4,73           | 88               | 0,94                     | 2,28                     | 0,026                           | 97              | 0,48                     | 1,17                     | 0,012                           | 0,46                     |
| Osram             | 1,68 × 1,24     | 6,32           | 112              | 2,5                      | 5,2                      | 0,046                           | 113             | 1,9                      | 3,96                     | 0,035                           | 0,76                     |
| Osram             | 0,68 × 0,56     | 3,45           | 15,6             | 2,04                     | 0,77                     | 0,050                           | 15,6            | 1,15                     | 0,44                     | 0,028                           | 0,56                     |
| A.E.G.            | 2 × 1,5         | 5,10           | 160              | 5,15                     | 15,45                    | 0,097                           | 170             | 3,6                      | 10,8                     | 0,063                           | 0,65                     |

» Il est inutile de commenter ce tableau chiffre par chiffre; indiquons simplement que le flux puissancique des six appareils à arc varie à l'arrêt de 0,020 à 0,476; il faut spécifier que la puissance est calculée comme entièrement dépensée à la tension de 110 volts.

» Lorsque le dispositif cinématographique fonctionne, les mêmes appareils donnent de 13 à 277 millilumens par watt. Ce sont évidemment ces chiffres qui permettent de comparer entre eux les appareils au point de vue photométrique.

» Il ne faut pas croire cependant qu'ils doivent être seuls retenus pour cette comparaison. On doit faire aussi intervenir le flux puissancique à l'arrêt et l'on trouvera portés, dans une dernière colonne, les rapports de ces deux quantités. On a ainsi une mesure de l'utilisation par le cinématographe du flux lumineux produit par le système de projection. Nous allons montrer qu'on doit

(1) L'appareil fonctionnait sans cuve à eau, mais avec une bande support transparente.

chercher à augmenter le flux puissancique du cinématographe en faisant croître le flux obtenu à l'arrêt plutôt que d'obtenir la diminution du déchet lumineux dû à l'obturation du faisceau par le disque en mouvement.

» Pendant tout le temps nécessaire au changement de l'image, la lumière se trouve interceptée; ceci est indispensable pour que le mouvement de la pellicule puisse se faire sans troubler irrémédiablement la netteté de la projection. Il faut éviter l'effet de papillotement et, par suite, tout disposer pour rendre les éclats le moins visibles possible. Il faut pour cela qu'ils se succèdent avec une vitesse déterminée. Au-dessous d'une certaine limite, ils deviennent perceptibles, fatiguent et gênent les spectateurs. Cependant l'intérêt est grand de ralentir le défilement des pellicules et de pouvoir prendre pour la projection à peu près la vitesse de l'appareil au moment de l'impression du négatif. On sait qu'on y est parvenu en interrompant la projection d'une même image de la pellicule par une ou même deux périodes d'obturation. Le nombre des éclats par image se trouve alors doublé ou triplé. On peut donc ralentir le défilement sans nuire à la fixité. Il ne semble pas nécessaire que les durées des éclats successifs soient égaux, mais ils ne doivent pas être très différents. On est ainsi conduit à augmenter la durée d'obturation et la perte lumineuse.

» Si donc un constructeur, par une étude attentive de son appareil, a obtenu une bonne utilisation de la lumière dans le système de projection, il pourra admettre un déchet plus considérable pour augmenter les qualités de fixité de l'image et pouvoir diminuer la vitesse de défilement. La proportion de flux puissancique utilisé descend ainsi à 50 pour 100, ainsi qu'on peut le constater sur le tableau des résultats.

» Tout photomètre industriel peut permettre une mesure d'éclairément. Nous avons opéré nous-même avec un photomètre Lummer et Brodhun. Un écran de projection était placé devant le photomètre pour permettre le réglage et la mise au point de l'image, puis l'écran est enlevé pour la mesure. Aujourd'hui avec les photomètres portatifs, tels que le luxmètre Blondel, les essais sont encore plus commodes et plus simples, ils ne nécessitent aucune installation photométrique, et leurs résultats doivent pouvoir rendre ser-

vice à l'industrie des cinématographes. Ils sont tout indiqués pour servir aux études du constructeur qui cherche à améliorer systématiquement son appareil; ils pourraient même être utiles à l'opérateur pour s'assurer, avant de commencer une séance, que le réglage de son cinématographe est satisfaisant. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Laporte de son intéressante Communication.

**LAMPE A VAPEUR DE MERCURE A DEUX ÉLECTRODES POUR COURANT ALTERNATIF.**

M. Maurice LEBLANC fils. — « Il a été longtemps admis comme un dogme que les lampes à vapeur de mercure ne pouvaient pas fonctionner sur courant alternatif; celles que l'on vendait jusqu'ici pour cette forme de courant et dont voici un modèle sous vos yeux (*fig. 1*) transforment en réalité le courant alternatif

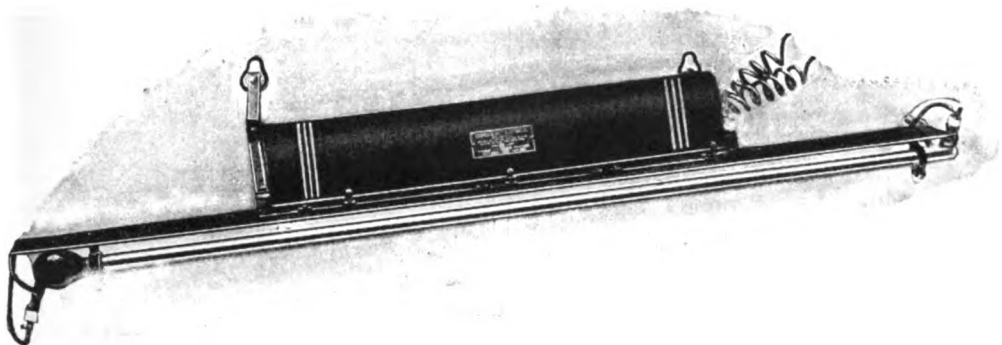


Fig. 1. — Lampe type "F", de 1250 bougies, fonctionnant en dérivation sur courant alternatif 50 périodes.

qu'on leur livre en courant continu comme dans le convertisseur à vapeur de mercure et sont traversées par un courant toujours de même sens. Ces lampes sont munies de deux électrodes positives et fonctionnent suivant le schéma ci-après (*fig. 2*). T est un auto-transformateur dont les deux extrémités sont reliées aux anodes (A), le milieu (N) est relié à la cathode (C). Il y a en outre une bobine de self (S) dans chaque anode et une (I) dans le circuit parcouru par le courant continu entre la cathode (C) et le point neutre du transformateur (N). L'amorçage se fait automatiquement par la décharge d'une bobine d'induction dont le circuit est coupé par un interrupteur à mercure. L'ensemble de ces appareils est placé sur l'armature métallique qui porte le réflecteur et le tube.

» Quand la lampe en quartz apparut, on fit un nouvel effort pour créer un modèle susceptible de fonctionner sur courant alternatif; le développement toujours constant des réseaux à courant alter-

natif étant, en effet, un obstacle à l'extension de l'emploi de cette lampe dans l'industrie. On réussit d'ailleurs à faire un modèle de lampe en quartz basé sur le même principe que la lampe en verre que nous venons de citer, c'est-à-dire produisant elle-même le courant continu dont elle a besoin. Malheureusement, dans le cas de lampes en quartz, l'allumage par étincelle n'est pas facile-

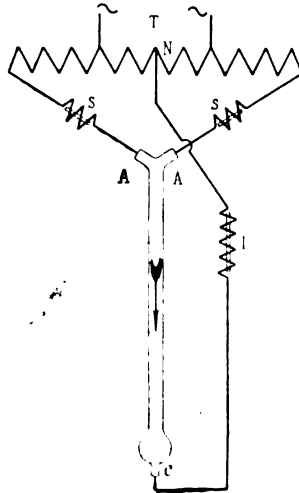


Fig. 2. — Schéma de la lampe à trois électrodes.

ment réalisable et l'on est obligé de conserver l'allumage classique par basculement des lampes à vapeur de mercure. Cet allumage n'est lui-même pas aussi facile que sur courant continu, car si la rupture du filet de mercure qui vient court-circuiter les deux électrodes se produit quand le courant a une valeur trop voisine de sa valeur nulle, il y a un raté d'allumage et il faut un dispositif spécial pour ramener la lampe dans sa position première et lui permettre de basculer de nouveau; il faut en outre ajouter des dispositifs pour limiter le haut courant de démarrage, d'autres permettant le rallumage de la lampe si elle vient à s'éteindre accidentellement, alors qu'elle est chaude; tout ceci en plus du transformateur et des bobines de self que nous avons avec la lampe en verre. On arrive ainsi à réaliser une lampe qui est une merveille d'ingéniosité et qui fonctionne très bien, mais qui est malheureusement d'un prix de revient très élevé.

» Pour nous débarrasser de ces difficultés d'allumage et de réal-



lumage et des dispositifs qu'elles nécessitent, nous pensâmes alors à faire une lampe à courant alternatif toujours à trois électrodes, mais d'un type semblable à celui que nous avions réalisé pour le courant continu à haute tension des réseaux de traction. Cette lampe est au repos entièrement pleine de mercure; les figures 3

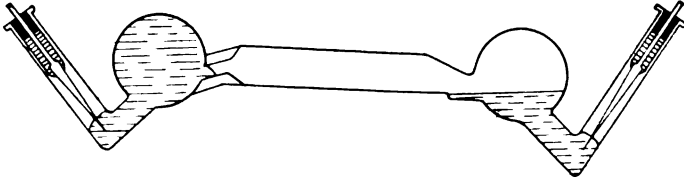


Fig. 3. — Brûleur à vide intérieur.

et 4 nous montrent la différence essentielle entre les deux types de lampes pour courant continu; la figure 3 représente le type ordinaire à deux électrodes séparées au repos par un vide intérieur

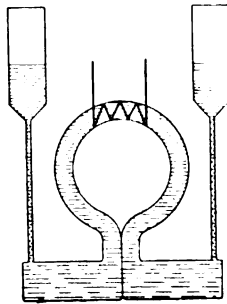


Fig. 4. — Brûleur sans espace vide intérieur.

et à allumage par basculement; la figure 4 représente la lampe sans vide intérieur préalable. L'allumage s'effectue en chauffant au milieu de la boucle le mercure avec une chaufferie électrique en fil de platine; le mercure bout, se sépare en deux et un arc jaillit qui finit par remplir toute la boucle où il continue à fonctionner sous une pression qui dépasse de quelques centimètres la pression atmosphérique. Nous avons donc construit une lampe à trois électrodes de ce dernier type. Après quelques difficultés d'allumage dues à la nécessité de couper simultanément le filet de mercure entre les deux anodes et la cathode, nous réussîmes à amorcer la lampe et à la faire fonctionner.

» C'est au cours de nos premiers essais sur cette lampe, le 17 avril

1912 (cette date est restée présente à notre mémoire, parce que ces expériences furent interrompues par une éclipse de soleil qui fut presque complète à Paris ce jour-là), que nous découvrîmes le phénomène suivant :

» Nous nous aperçûmes tout à coup que l'ampèremètre, que nous avions mis suivant l'habitude dans le fil de la cathode pour mesurer l'intensité du courant continu qui traversait la lampe, était revenu au zéro sans que la lampe ait cessé de fonctionner. Notre premier mouvement fut d'incriminer notre appareil de mesure, mais nous nous rendîmes compte que, effectivement, l'arc s'était éteint dans la branche de la cathode (*fig. 5*) et que nous avions

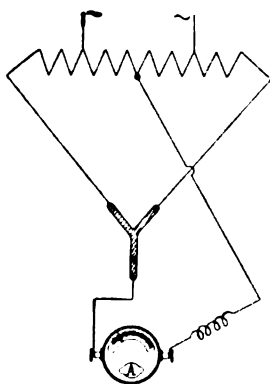


Fig. 5.

bien affaire à un arc alternatif entre les deux anodes. Nous avons réalisé accidentellement les conditions qui permettent à un tel arc de s'établir et de subsister dans la vapeur de mercure pure entre deux électrodes en mercure <sup>(1)</sup>. Nous nous proposons de préciser ces conditions devant vous.

» Nous tenons cependant à déclarer tout d'abord que les expériences que nous avons faites sont des expériences industrielles, faites en vue d'arriver le plus vite possible au dimensionnement d'un appareil commercial et que par suite elles sont très incomplètes ;

---

<sup>(1)</sup> Au cours de nos essais, nous avons eu l'occasion de vérifier que l'arc pouvait être maintenu dans la vapeur de mercure entre deux électrodes solides (de tungstène, par exemple). Nous n'avons pas poursuivi l'étude de cette question. L'emploi d'électrodes solides introduit en effet des complications : entre autres, celles qui tiennent aux scellements et à la destruction de l'électrode solide dans certaines conditions.

nous avons laissé dans l'ombre beaucoup de points dont l'étude ne présentait pas pour nous un intérêt immédiat et le plus souvent nos mesures sont des mesures approchées indiquant le sens des phénomènes, mais ne permettant pas d'en déterminer exactement les variations.

» Ceci nous est une occasion de regretter qu'un plus grand nombre de chercheurs ne se soient pas employés à l'étude de l'arc à mercure qui offre le cas le plus simple de l'arc électrique, puisqu'un seul corps, le mercure, constitue les électrodes et la vapeur conductrice et qu'on n'est pas gêné par les produits de destruction des électrodes. Nous ne voudrions pas laisser croire cependant que le problème soit simple : un assez grand nombre de facteurs subsistent encore pour le compliquer à l'extrême.

» Il y a réellement une grande difficulté à établir un arc alternatif dans la vapeur de mercure; le convertisseur à vapeur de mercure est d'ailleurs basé sur l'impossibilité d'un tel arc; si par accident un arc alternatif courtcircuit les deux anodes d'une ampoule de convertisseur, celle-ci est généralement détruite; de sorte qu'on peut dire que le convertisseur et la lampe à courant alternatif constituent un seul problème : la détermination des conditions qui permettent l'établissement de l'arc alternatif.

» On sait d'une manière générale que, pour qu'un arc subsiste entre deux électrodes, il est nécessaire que la cathode émette constamment des électrons; dans la méthode d'allumage des lampes à vapeur de mercure par basculement, la rupture du court circuit mercure-mercure a pour effet de créer un cratère sur la cathode; ce cratère une fois créé, sa température est maintenue assez haute par le passage du courant et l'arc subsiste à cause de l'émission continue d'électrons négatifs. Si l'arc s'éteint, cette émission cesse plus ou moins vite. Si l'on applique de nouveau la tension aux bornes de l'arc avant que l'ionisation ait disparu, l'arc doit se rallumer. On aperçoit donc tout de suite l'influence de deux facteurs importants :

» 1<sup>o</sup> Refroidissement lent des électrodes, qui dépend de leur conductibilité calorifique, de leurs dimensions;

» 2<sup>o</sup> Nature du circuit (inductif ou non) qui agit sur les périodes d'établissement et d'extinction du courant. Par exemple, le

charbon est assez mauvais conducteur de la chaleur pour qu'il soit possible de rallumer un arc en remettant la tension  $\frac{1}{10}$  ou  $\frac{1}{20}$  de seconde après l'extinction. Avec les métaux, au contraire, la température doit s'abaisser beaucoup plus rapidement et en fait, d'après l'expérience d'Arons, l'arc au mercure ne se rallume pas même en rétablissant la tension  $\frac{1}{100\,000}$  de seconde après l'extinction.

» Les expériences d'Arons ont été faites avec l'arc à basse pression, avec une résistance non inductive dans le circuit et avec un voltage assez faible.

» Un arc est cependant possible dans la vapeur de mercure avec des voltages moyens et des fréquences industrielles sous les conditions essentielles suivantes :

» 1<sup>o</sup> Tension pas inférieure à un certain minimum voisin de 600 volts efficaces à 50 périodes;

» 2<sup>o</sup> Pression pas inférieure à un certain minimum de l'ordre de 1 cm de mercure;

» 3<sup>o</sup> Présence de self-induction dans le circuit;

» 4<sup>o</sup> Allumage avec électrodes déjà chaudes.

» Nous allons allumer devant vous une lampe du type sans vide intérieur, dans lequel ces conditions se trouvent réalisées; nous l'alimentons avec du courant à environ 1000 volts 42 périodes; nous avons placé une grosse bobine de self réglable dans le circuit continu; la pression intérieure est toujours au moins égale à la pression atmosphérique et la chaufferie qui fait bouillir le mercure de manière à couper la colonne de mercure porte en même temps les électrodes à une température suffisante.

» Nous avons ainsi réalisé une lampe fonctionnant avec 1000 volts au secteur et 350 volts aux bornes du brûleur, le courant étant de 2 ampères (1).

» Le facteur de puissance dans ces conditions était de 0,36, ce qui était évidemment inacceptable pour une lampe commerciale.

» Nous nous sommes alors attachés à améliorer ce facteur de

---

(1) Toutes nos expériences ont été faites en vue de la réalisation d'une lampe fonctionnant sur courant alternatif à 50 périodes. Nous avons vérifié néanmoins que, à 25 périodes, on pouvait allumer l'arc dans des conditions analogues.

puissance qui dépend de la self placée dans le circuit et qui est mesuré sensiblement par le rapport  $\frac{e}{E}$  de la tension aux bornes du brûleur à la tension secondaire totale. Nous avons cherché pourquoi une aussi forte inductance était nécessaire. Nous avons relevé la courbe de la tension aux bornes du brûleur à l'aide d'un ondographe Hospitalier; c'est la courbe  $A_1$  de la figure 6. Cette courbe a tout à fait l'allure des courbes relevées par Blondel sur l'arc à charbon à courant alternatif.

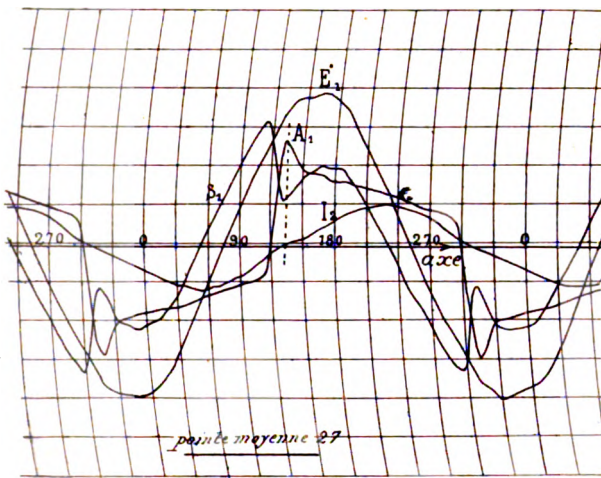


Fig. 6. — Électrodes symétriques.

» A chaque demi-période l'arc s'éteint au voisinage de la valeur 0 du courant et ne se rallume que lorsque la tension aux bornes a repris une certaine valeur; la durée de l'extinction est de l'ordre du  $\frac{1}{1000}$  de seconde; à chaque rallumage correspond une pointe de la courbe de la tension aux bornes du brûleur.

» Si l'on veut améliorer le facteur de puissance en augmentant  $e$ , en allongeant l'arc par exemple, on constate que le brûleur ne tarde pas à s'éteindre et que ceci correspond au moment où la pointe au rallumage atteint la valeur instantanée du voltage secondaire.

» Il faut donc chercher à diminuer ces pointes, c'est-à-dire les surtensions, au moment du rallumage. D'après ce que nous avons dit plus haut sur les propriétés générales de l'arc, on pouvait pré-

voir à priori qu'on faciliterait le rallumage de l'arc en diminuant le refroidissement de la cathode.

» Si l'on introduit une sonde électrique dans l'arc et si l'on trace la courbe de la différence de tension entre cette sonde et une électrode, on constate que la pointe ne se présente plus qu'une fois par période et l'on peut vérifier que c'est pour la demi-période dans laquelle l'électrode considérée est cathode. La sonde  $S_1$  est placée

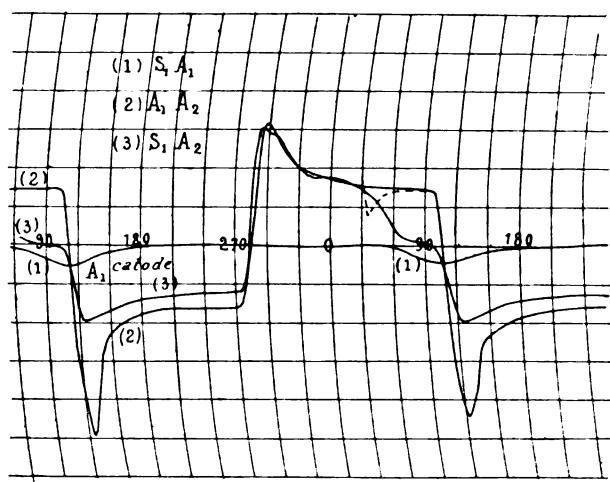


Fig. 7. — Rôle de la cathode.

au voisinage de l'électrode  $A_1$ . La courbe (1) de la figure 7 est le résultat de l'inscription de la chute de voltage  $S_1 A_1$  au voisinage d'une des électrodes ( $A_1$ ); on retrouve sur cette courbe une bosse qui se reproduit à chaque période, au moment où  $A_1$  est cathode. La courbe (2) représente le voltage total entre les deux électrodes; la courbe (3) est le voltage  $S_1 A_2$ . La différence des ordonnées des deux courbes (2) et (3) devrait donner la chute à l'électrode  $A_2$ . On voit que cette différence doit avoir une forme un peu différente de celle de la courbe (1). On reconnaît ici la difficulté bien connue de l'interprétation des résultats obtenus par l'emploi des sondes. La même difficulté se présente pour les mesures directes des voltages  $S_1 A_1$  et  $S_1 A_2$ . Toutefois, d'après l'examen des courbes, il semble hors de doute : 1° que la pointe au rallumage correspond à la chute de voltage au voisinage de la cathode; 2° que, par suite, les chutes de voltage aux électrodes et la vaporisation qui en est la

conséquence sont en relation directe avec la grandeur de la sur-tension nécessaire au moment du rallumage de l'arc.

» On diminuera le refroidissement de la cathode en diminuant la *surface libre* sur laquelle le cratère de l'arc peut se promener. Ce fait

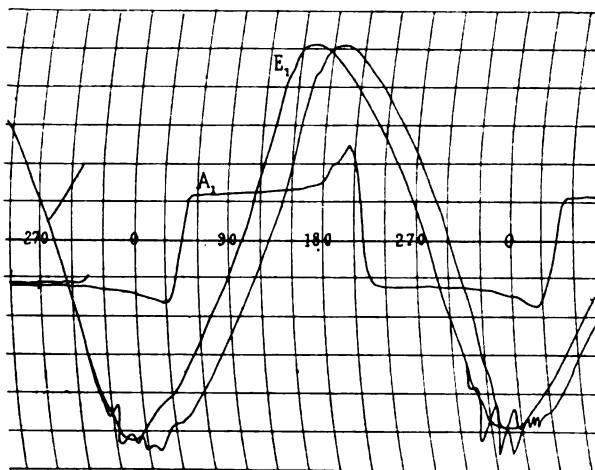


Fig. 8. — Électrodes dissymétriques.

est mis en évidence sur les courbes de la figure 8 qui ont été relevées sur une lampe ayant deux électrodes de surfaces différentes, la plus

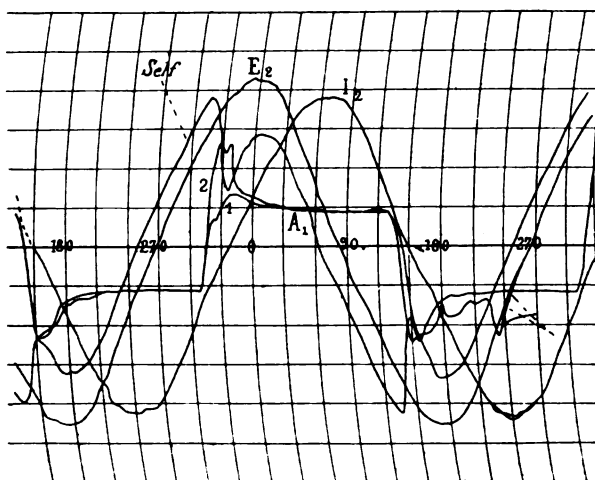


Fig. 9. — Une électrode à surface variable.

grande pointe correspond à la demi-période pendant laquelle l'électrode de plus grande surface est cathode.

» La figure 9 se rapporte de même à une lampe où la surface

libre d'une électrode augmente avec le temps. La courbe 1 et la courbe 2 représentent la tension aux bornes de l'arc à 20 secondes d'intervalle. La pointe a augmenté considérablement pendant ce temps.

» Nous avons constaté aussi que, toutes choses égales d'ailleurs, plus le *courant* dans la lampe est grand, plus les électrodes sont chaudes et plus les pointes sont faibles.

» Nous avons, en dehors de l'influence de la cathode, noté celle du *voltage total*; avec deux tubes de même diamètre, mais l'un de 25 cm et l'autre de 50 cm de long, on trouve les résultats suivants :

|                                             |      |      |
|---------------------------------------------|------|------|
| Longueur du tube (cm).....                  | 25   | 50   |
| Voltage secondaire total (volts).....       | 1000 | 1760 |
| Voltage aux bornes de la lampe (volts)..... | 350  | 900  |
| Facteur de puissance.....                   | 0,36 | 0,50 |

» L'influence de la *pression* est très curieuse. A *basse pression*, les pointes deviennent plus faibles qu'à la pression atmosphérique, mais l'intensité lumineuse est trop faible par unité de longueur d'arc. Si l'on augmente la pression, on constate que les pointes s'atténuent et finissent par disparaître (*fig. 10*). Il est ainsi pos-

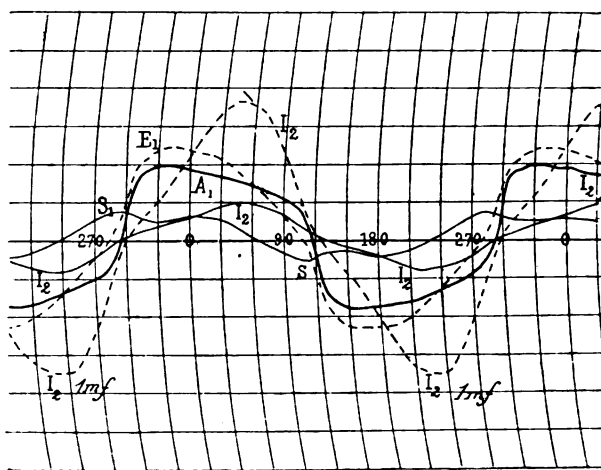


Fig. 10. — Fonctionnement à haute pression.

sible d'atteindre un facteur de puissance égal à 0,7 ou 0,8. A *très haute pression*, les pointes sont presque nulles et, si l'on inscrit la courbe de la tension aux bornes de la self dans ces conditions, on



voit (fig. 10) qu'elle n'agit presque plus et l'on constate expérimentalement que, dans cet état de régime, on peut lui substituer une résistance ohmique (fig. 11); ceci ne présente d'ailleurs aucun

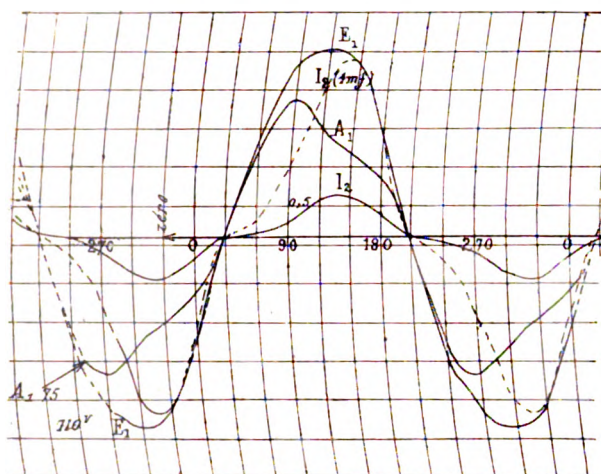


Fig. 11. — Résistance ohmique en série avec l'arc.

avantage, car le rendement est évidemment plus mauvais et, bien qu'il n'y ait plus de décalage à proprement parler, le facteur de puissance est cependant bas à cause de la mauvaise forme de la courbe. Aux pressions élevées, les périodes d'extinction sont plus longues qu'aux basses pressions, mais les électrodes sont suffisamment chaudes pour permettre de les supporter.

» Nous avons aussi cherché l'influence de la *forme du tube* qui réunit les deux électrodes sans arriver à un résultat bien net; il semble que, toutefois, la forme rectiligne soit la plus favorable particulièrement dans la période de marche à basse pression qui suit l'allumage.

» Nos premières expériences nous avaient appris la difficulté d'allumage des lampes à vide intérieur et en conséquence nos premiers efforts s'étaient portés sur la réalisation d'une lampe à courant alternatif sans vide intérieur. Nous avons alors rencontré une autre difficulté : nous avons constaté que l'arc, après avoir rempli toute la boucle, avait tendance à s'allonger et à pénétrer dans les réservoirs inférieurs; à partir de ce moment il se produisait dans ces réservoirs une ébullition tumultueuse, la lumière

vacillait et la lampe ne tardait pas à s'éteindre. Pour éviter cela, on est contraint d'augmenter beaucoup le volume des réservoirs inférieurs afin d'accroître leur surface de refroidissement.

» Un autre moyen est d'arrêter le mercure au cours de son ascension dans les colonnes latérales, par exemple en fermant leur partie supérieure de manière que lorsque le mercure a complètement évacué la boucle, il vienne précisément heurter cette extrémité. La question de remplissage de la lampe est alors fort délicate et en outre on obtient une lampe qui contient des quantités de mercure considérables, ce qui est autant que possible à éviter à cause de la casse en transport. Nous sommes donc revenus à l'étude des lampes avec vide intérieur et nous nous sommes efforcés de résoudre pratiquement la question d'allumage.

» Disposons un tel brûleur aux bornes du secondaire du transformateur, après avoir placé une bobine de self dans le circuit primaire; aucun courant ne passe dans le tube.

» Chauffons les électrodes, quand la pression de vapeur atteint une certaine valeur, l'arc jaillit directement d'une électrode à l'autre; il prend au bout de quelques minutes un régime qui dépend des conditions électriques du circuit. On règle la self primaire de telle façon que, en régime, le voltage primaire du transformateur ait une valeur donnée (70 volts par exemple, pour 110 volts au secteur). La pression de vapeur dans l'arc est assez grande pour empêcher que, si l'arc est éteint et la tension remise immédiatement aux bornes de l'arc, celui-ci ne se rallume pas de suite. Le rallumage a lieu si on laisse refroidir un peu la lampe; cet allumage qui ne peut se produire, pour un voltage donné, ni pour les basses pressions, ni pour les hautes pressions, correspond bien à ce qu'on sait d'une pression optimum pour le passage d'une étincelle à travers un gaz.

» On connaît la forme de la caractéristique des brûleurs à courant continu industriels; la figure 12 donne celle d'un de ces brûleurs; nous l'avons poussé au delà du régime normal 80 volts; on voit que la caractéristique possède un point à tangente verticale. La position de ce point dépend des conditions de refroidissement; il est possible en diminuant ce refroidissement d'obtenir le changement de sens de la courbe pour un courant plus petit.

» La caractéristique du brûleur à courant alternatif est ana-

logue; le dimensionnement de ce brûleur conduit précisément à le faire fonctionner dans la région où le courant diminue quand le voltage augmente (*fig. 12*).

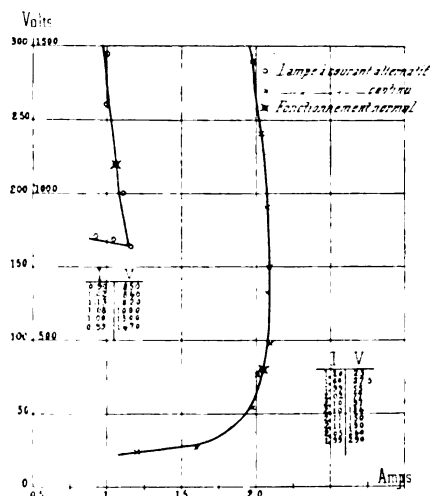


Fig. 12. — Caractéristiques des brûleurs continu et alternatif.

» PARTICULARITÉS DE L'ALLUMAGE. — On applique la tension aux bornes et l'on chauffe; quand la pression de vapeur atteint une

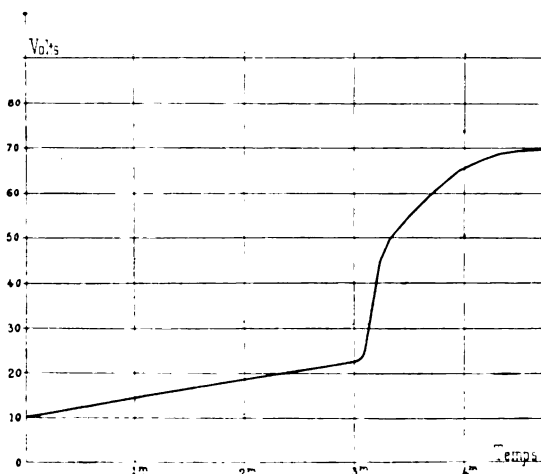


Fig. 13. — Variation de la f. é. m. aux bornes pendant l'allumage.

certaine valeur, l'arc s'allume et prend son régime (70 volts aux bornes du primaire du transformateur, par exemple). On constate que ce régime est pris en trois phases très distinctes :

» A. L'arc allumé, la tension aux bornes est voisine de 10 volts, elle augmente lentement et atteint 20 volts environ au bout de quelques minutes.

» B. Dès que la tension dépasse 20 volts, il se produit une variation extrêmement rapide et, en quelques, secondes la tension passe à 45 volts en même temps que l'intensité lumineuse augmente énormément.

» C. La tension varie lentement de 45 à 70 volts; elle atteint 70 volts au bout d'une minute environ. La courbe de la figure 13 représente la variation de la tension aux bornes primaires du transformateur pendant la période d'allumage. Les trois phases correspondent très nettement à trois régimes :

» A. *Basse pression* (pointes au rallumage faibles). — Les chutes de voltage aux électrodes sont petites et la vaporisation peu abondante; la pression s'élève lentement.

» B. *Pression un peu plus grande* (pointes au rallumage très nettes). — Les chutes de tension aux électrodes sont plus grandes et elles augmentent pendant un certain temps avec la pression; la vaporisation devient très intense et d'autant plus intense que la pression est plus grande; on atteint ainsi très rapidement le voltage qui correspond au palier de la caractéristique.

» C. *Pression élevée* (pointes au rallumage très faibles). — Les chutes de voltage sont beaucoup plus faibles et la vaporisation beaucoup moins intense; la pression n'augmente plus que très lentement jusqu'au régime.

Il semble que la self permette simplement de franchir la deuxième phase d'allumage en raccourcissant à ce moment les périodes d'extinction. En fait, on constate : 1<sup>o</sup> que le brûleur fonctionne à pression élevée avec une résistance non inductive en série (*voir* plus haut); 2<sup>o</sup> que, si l'on cherche à réaliser l'expérience précédente avec une résistance non inductive, l'arc s'allume, mais s'éteint dès que la pression tend à augmenter.

» La courbe de la figure 13 représente la variation du voltage aux bornes avec le temps pendant la période d'allumage. Le temps est compté à partir du moment où l'arc jaillit.

» *Réalisation industrielle.* — La lampe à vide intérieur est la plus facile à faire; il suffit de disposer pour l'allumage autour des électrodes une chaufferie électrique qu'on interrompt ensuite quand la lampe est allumée.

» Comment choisirons-nous les caractéristiques électriques de notre lampe?

» On s'efforce naturellement d'avoir un rendement lumineux aussi bon que possible avec un facteur de puissance suffisant (0,7 par exemple).

» Il y a avantage, d'après ce que nous avons vu, à fonctionner avec un voltage secondaire et une pression intérieure aussi élevés que possible; on est limité dans l'un et l'autre cas par des questions de sécurité.

» Fixons-nous le voltage secondaire à 1500 volts par exemple; pour avoir un facteur de puissance 0,7, il faut 1000 volts aux bornes de l'arc.

» Fixons-nous d'autre part la puissance lumineuse de la lampe que nous voulons construire; prenons 5000 bougies par exemple.

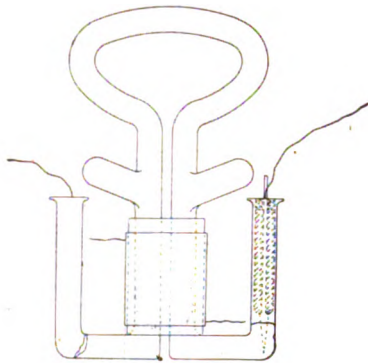


Fig. 14. — Brûleur à courant alternatif (vue schématique).

» En nous tenant dans des limites convenables de pression, nous pouvons compter sur un rendement voisin de 5 bougies par watt, ce qui fixe la consommation dans la lampe à 1 kw et le courant secondaire à 1 ampère. Connaissant le courant secondaire, nous choisissons le diamètre du tube illuminant de manière qu'il ne chauffe pas trop pour cette intensité. Connaissant le diamètre

du tube et la pression, nous avons la chute en volts par centimètre, ce qui donne la longueur du tube illuminant.

» Il faut dimensionner ensuite les réservoirs polaires et les chambres de condensation de manière que le brûleur ait un régime stable pour 1 ampère, 1000 volts.

» On arrive ainsi à une forme de brûleur ayant la forme de caractéristique indiquée plus haut (*fig. 14*).

» **INTERRUPTEUR DE CHAUFFERIE.** — Il est nécessaire de chauffer les électrodes pour l'allumage, il y a avantage à continuer à chauffer un peu après l'allumage pour précipiter la mise en régime toujours un peu longue avec les lampes quartz à cause de la masse de mercure dont il est nécessaire d'élever la température. Il faut couper la chaufferie quand la lampe est en régime, sinon la pression prendrait des valeurs trop élevées et la lampe s'éteindrait.

» En cas d'extinction fortuite, le brûleur ne se rallume pas immédiatement (*voir plus haut*); il est donc nécessaire de le laisser refroidir et par suite de ne pas remettre la chaufferie en marche. Il faut donc que l'interrupteur de la chaufferie sache que le brûleur est chaud, ce qui exige forcément un dispositif thermique.

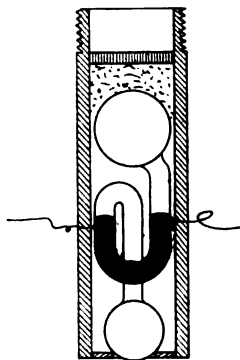


Fig. 15. — Interrupteur de chaufferie.

» Beaucoup de solutions peuvent être adoptées; la figure 15 représente celle que nous avons choisie. Le réservoir inférieur A est exposé au rayonnement de la lampe; l'air qui y est contenu refoule peu à peu le mercure dans la branche B et interrompt en C le circuit de la chaufferie; l'appareil est dimensionné de manière

que ceci ne se produise que quand la lampe est en régime. Si la lampe s'éteint fortuitement, le mercure ne reprend que lentement sa première position et la lampe a le temps de se refroidir suffisamment pour se rallumer spontanément avant que le circuit de la chaufferie ne soit de nouveau fermé en C. »

M. le PRÉSIDENT. — « Je remercie M. Maurice Leblanc fils d'avoir décrit et fait fonctionner ce soir devant nous les nouveaux appareils que nous devons à sa grande expérience dans la construction des lampes à mercure et à son esprit inventif, ainsi qu'à celui de son collaborateur M. Darmois. En créant des modèles capables de fonctionner facilement sur courant alternatif, ils ont levé un des obstacles les plus sérieux qui s'opposaient à la diffusion de ces intéressants instruments.

» Les mesures et les diagrammes relevés par M. Maurice Leblanc fils ont d'autant plus d'intérêt qu'ils éclaireissent certaines modalités de fonctionnement qu'on ne rencontre pas seulement dans les lampes à mercure, mais qu'on retrouve dans les arcs à vapeur métalliques et même dans les arcs ordinaires entre charbons.

» Je rappellerai tout d'abord que le fait bien connu aujourd'hui de tout le monde que les lampes ordinaires à mercure dans le vide ne fonctionnent que sur courant continu, ne doit pas faire oublier qu'il est très facile de faire fonctionner en alternatif des arcs à mercure dans l'air.

» Une expérience élémentaire montre que, si l'on plonge un crayon de charbon dans un bain de mercure, puis si on l'écarte de quelques millimètres de la surface, l'arc passe facilement en courant alternatif. C'est là un des moyens les plus simples dont puissent se servir les spectroscopistes pour obtenir les raies du mercure.

» Si l'on éloigne progressivement le charbon du mercure, l'une des alternances passe plus facilement que l'autre; il y a redressement partiel du courant alternatif.

» Ces phénomènes ont été signalés dès 1882 par Jamin et Mancuvrier dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. Plus tard, M. Blondel, dans une série d'oscillogrammes publiés en 1901 dans la *Revue générale des Sciences*, a constaté à nouveau que le redres-

sement presque nul avec les arcs courts peut être presque parfait avec les arcs longs, et a approfondi les circonstances du phénomène.

» Les arcs longs ont l'inconvénient d'être peu stables. L'instabilité était d'ailleurs plus grande avec les tensions de 110 volts qu'employait M. Blondel, qu'avec les tensions triples ou quadruples qu'employaient Jamin et Maneuvrier.

» Ces auteurs ont reconnu que si l'effet du redressement offre, suivant leur expression, « une valeur constante et énorme » avec l'arc charbon-mercure, il se produit également fort bien avec l'arc charbon-cuivre, et même avec d'autres arcs métalliques pour lesquels il est cependant très peu stable. Ils l'ont même retrouvé avec l'arc entre deux électrodes de charbon, à condition qu'un des charbons soit plus chaud que l'autre : aussi ont-ils rattaché avec beaucoup de sagacité l'origine du phénomène à une dissymétrie physique provenant de la température.

» Si l'on prend deux charbons de diamètres inégaux, le plus petit s'échauffe plus que le gros, et il y a redressement partiel du courant alternatif.

» Avec deux charbons de diamètres égaux, il suffit de réchauffer ou de refroidir par une source auxiliaire l'un d'eux, pour obtenir la dissymétrie, et par suite le redressement du courant.

» La température joue le même rôle dans l'arc entre charbon et mercure, qui, de tous les arcs connus, offre le redressement le plus parfait. On peut faire passer à volonté le courant du charbon au mercure, ou du mercure au charbon, en réchauffant ou en refroidissant convenablement les électrodes. Il suffit de variations pas très considérables pour faire fonctionner le redresseur charbon-mercure dans un sens ou dans l'autre. On peut même réaliser le cas où, la température du charbon étant convenable, le courant n'est plus redressé, et les deux alternances passent également.

» Dans les expériences primitives de Jamin et Maneuvrier, le charbon était porté au rouge blanc et émettait en abondance des électrons : aussi le courant passait du mercure au charbon.

» Mais il suffit de refroidir artificiellement le charbon pour changer le sens du phénomène et faire passer le courant du charbon au mercure.

» Lorsque ces arcs de redressement sont produits dans l'air



libre, il est difficile de régulariser leur fonctionnement. Il en va différemment dans le vide. Quelques années après ses premiers essais, en 1887, M. Maneuvrier présentait à l'Académie des Sciences un arc dans le vide entre charbon et cuivre et signalait que cet arc fonctionnait avec une constance remarquable. Il avait imaginé un mode d'allumage curieux, sans contact préalable des électrodes, par brusque accroissement de pression.

» C'était déjà un appareil d'une certaine puissance, qui redressait des courants de 4 à 5 ampères sous 300 à 450 volts. Son rendement était voisin de 75 pour 100. Il n'atteignait cependant pas celui des convertisseurs industriels à vapeur de mercure dans le vide que nous devons aux efforts persévérants et heureux de MM. Cooper-Hewitt et Weintraub, dont les travaux ont été exposés à la Société en 1905, dans les conférences très documentées de MM. Maurice Leblanc père et Marius Latour.

» L'ensemble des faits précédents montre la grande généralité des phénomènes de redressement du courant alternatif par l'arc électrique.

» Cette généralité est de nature à accroître encore l'intérêt des observations faites par MM. Maurice Leblanc fils et Darmois sur le nouveau et ingénieux modèle de lampe à mercure à courant alternatif qu'ils ont construit. »

Le dépouillement du scrutin étant terminé, M. le Président en proclame les résultats :

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| Suffrages exprimés..... | 373 |
| Majorité.....           | 188 |

PRÉSIDENT

*pour l'exercice 1915-1916 :*

| MM.                                                               | Nombre de voix<br>obtenues. |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Poincaré</b> (L.), Directeur de l'Enseignement secondaire..... | 369                         |

VICE-PRÉSIDENTS :

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Bélugou</b> (V.), Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes..... | 373 |
| <b>Guilbert</b> (C.), Ingénieur Electricien.....                      | 372 |

SECRÉTAIRES :

|                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Iliovici (A.)</b> , Secrétaire technique de la Compagnie française des perles électriques Weissmann..... | 369 |
| <b>Leblanc FILS (Maurice)</b> , Directeur de l'usine de la Westinghouse Cooper Hewitt.....                  | 373 |

MEMBRES.

*Pour trois ans :*

|                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Broglie (M. de)</b> , Secrétaire général de la <i>Société française de Physique</i> .....                                       | 373 |
| <b>Chaumat (H.)</b> , Sous-Directeur de l'École supérieure d'Électricité.....                                                      | 370 |
| <b>Desombre (P.)</b> , Administrateur délégué de la <i>Compagnie électro-mécanique</i> .....                                       | 370 |
| <b>Dumont (Eug.)</b> , Fonde de pouvoirs de la <i>Société française des câbles électriques</i> .....                               | 370 |
| <b>Ferrié (G.)</b> , Chef de bataillon du Génie.....                                                                               | 373 |
| <b>Girousse (G.)</b> , Ingénieur des Télégraphes.....                                                                              | 373 |
| <b>Gorce (de la)</b> , Chef de travaux au Laboratoire central d'Électricité.....                                                   | 372 |
| <b>Gratzmuller (L.)</b> , Ingénieur-Conseil.....                                                                                   | 371 |
| <b>Henrard (G.)</b> , Administrateur de la <i>Société lyonnaise des forces motrices du Rhône</i> .....                             | 372 |
| <b>Larnande (A.)</b> , Ingénieur des Arts et Manufactures.....                                                                     | 373 |
| <b>Léauté (A.)</b> , Répétiteur de Physique à l'École Polytechnique.....                                                           | 372 |
| <b>Liénard (A.)</b> , Ingénieur en chef des Mines.....                                                                             | 373 |
| <b>Marchena (DE)</b> Ingénieur en chef de la <i>Compagnie française Thomson-Houston</i> .....                                      | 373 |
| <b>Parodi (H.)</b> , Ingénieur, Chef des services électriques du matériel et de la traction de la <i>Compagnie d'Orléans</i> ..... | 371 |
| <b>Pirani (E.)</b> , Fondé de pouvoirs de la <i>Société alsacienne de Constructions mécaniques</i> .....                           | 373 |
| <b>Vautier (Th.)</b> , Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.....                                                           | 373 |

*Pour deux ans :*

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| <b>Robin</b> , Ingénieur conseil..... | 370 |
|---------------------------------------|-----|

*Pour un an :*

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Bureau (H.)</b> , Chef de travaux au Laboratoire central d'Électricité.....                 | 368 |
| <b>Sartiaux (Eug.)</b> , Ingénieur Chef des services électriques au Chemin de fer du Nord..... | 367 |

COMMISSION DES COMPTES.

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Cellerier (J.)</b> Directeur du Laboratoire d'essais au Conservatoire national des Arts et Métiers..... | 370 |
| <b>Dehenne (G.)</b> , Ingénieur en chef aux établissements Harlé et C <sup>ie</sup> .....                  | 373 |
| <b>Mazen (A.)</b> , Ingénieur en chef des Chemins de fer de l'État.....                                    | 371 |

**ALLOCUTION DE M. DANIEL BERTHELOT, PRÉSIDENT SORTANT.**

« MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

» Arrivé au terme de mon mandat, c'est pour moi un plaisir encore plus qu'un devoir de vous remercier à nouveau de la confiance que vous avez bien voulu me témoigner en m'appelant à diriger vos débats pendant l'exercice qui se termine ce soir, ainsi que de la courtoisie avec laquelle vous avez facilité ma tâche.

» Il y a un an, à pareille époque, vous renouveliez votre Bureau dans des conditions que j'ose dire exceptionnelles. Vous ne changiez pas seulement de président (ce qui arrive après tout tous les ans), mais encore de secrétaire général : l'événement est déjà plus rare, puisqu'il ne se produit en moyenne que tous les six ans ; vous changiez même de trésorier, et ici je puis bien qualifier la chose d'anormale, puisque M. Violet remplissait ce poste depuis plus de quinze ans.

» Quinze ans, c'est la durée d'une génération.

« *Quindecim annos, grande mortalis ævi spatium* », a dit Tacite.

» En quinze ans, la physionomie des hommes, comme celle des choses, change singulièrement et chez nous autres électriciens, dans notre petit monde, il n'en va pas autrement que dans le grand univers.

» Si une modification aussi profonde du personnel dirigeant a pu se faire sans à-coup, nous devons en faire remonter le mérite à l'esprit de concorde et de solidarité qui a toujours été un des plus puissants leviers de notre Société.

» Messieurs, c'est l'heureux privilège des groupements scientifiques d'ignorer ces rivalités entre prédécesseurs et successeurs, ces luttes tantôt sournoises, tantôt violentes, et ces tristes combats entre frères ennemis, dont nous voyons trop d'exemples sur d'autres théâtres.

» Mais parmi toutes les sociétés auxquelles j'ai appartenu, je n'en connais aucune dans laquelle les liens qui attachent le présent au passé soient aussi forts et aussi solides que dans la nôtre. La

raison profonde en tient sans doute à ce que, en fondant l'École et le Laboratoire central d'Électricité avec une initiative aussi hardie que rare dans notre pays, notre Société s'est constitué un patrimoine pour la gestion duquel la suite et la continuité dans les vues sont des nécessités vitales.

» En vertu d'une tradition singulièrement heureuse et féconde, nos anciens présidents, nos anciens secrétaires généraux n'estiment pas que leur contribution à l'œuvre commune prenne fin avec l'exercice du mandat dont ils avaient été investis par vos libres suffrages.

» Beaucoup d'entre eux continuent à assister aux séances du Comité avec la même assiduité, avec la même régularité qu'autrefois, toujours prêts à guider leurs successeurs des conseils de leur expérience, toujours prodigues de leur temps et de leur peine.

» Grâce à ce dévouement de tous à l'œuvre commune, l'année qui vient de s'écouler laissera, j'en suis convaincu, des traces durables pour l'avenir.

» Je n'ai pas besoin de vous rappeler l'éclat du Congrès que nous avons tenu au printemps dernier avec nos collègues anglais, l'autorité des orateurs, l'ampleur des discussions scientifiques.

» L'avantage de telles réunions n'est pas seulement de faciliter les échanges d'idées; c'est de permettre aux hommes de mieux se connaître et s'apprécier. C'est pourquoi il nous a paru désirable de ne pas laisser à l'état d'exception isolée un si bon exemple; et nous nous occupons, en ce moment même, d'organiser, en collaboration avec la Société des Ingénieurs civils et avec d'autres groupements techniques, un Congrès qui aura lieu au mois de juin prochain dans la ville de Lyon, à l'occasion de l'exposition qui va s'y tenir.

» En dehors de ces meetings exceptionnels, nos séances ordinaires ont donné lieu à des communications aussi variées qu'instructives. Je ne reviendrai pas sur ce qui vous a été dit déjà par notre secrétaire général. Qu'il me soit permis seulement de m'applaudir d'avoir vu passer dans le domaine de la réalité un vœu formulé à maintes reprises par mes prédécesseurs : au cours de ces derniers mois, les communications ont été souvent suivies de discussions contradictoires; ces échanges de vues entre spécia-

listes compétents, formulées avec autant de modération que de courtoisie, ne peuvent que contribuer à donner de la vie et de l'intérêt à nos réunions.

» Les rapports qui vous ont été lus par M. Larnaude au nom de la Commission des comptes, par M. Joly au nom du Comité d'administration, par M. Janet au nom du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité, vous ont permis de juger de l'activité des divers organes de notre Société.

» Le nombre des candidats à l'École témoigne combien son enseignement est apprécié, combien son diplôme est recherché. Nous devons en faire remonter le mérite à son éminent directeur M. Janet et à ses excellents auxiliaires MM. Chaumat et Laporte, ainsi qu'à toute la pléiade de leurs collaborateurs, professeurs et chefs de service.

» Parmi les plus heureuses réussites de ces derniers temps, je dois signaler spécialement celle de la Section de Télégraphie sans fil. C'est là une application de l'électricité dont le rôle se développe sous nos yeux avec une rapidité foudroyante, et qui, à la suite de la remarquable organisation des services de la tour Eiffel due à notre collègue le commandant Ferrié, jouit de ce privilège bien rare d'exciter un intérêt grandissant dans les couches profondes de la population. Pour conserver à la France le rang qui lui appartient dans ce domaine, il était nécessaire d'organiser un enseignement régulier. Or, quand on sait à quel degré la bonne volonté et la science des plus éminents serviteurs de l'État se trouvent paralysées, dès qu'il s'agit de faire du nouveau, par la complication des formalités administratives et la rigidité des cadres budgétaires, on ne peut qu'applaudir au service que rendent au pays des organisations d'un caractère aussi souple que la nôtre en agissant sans délai. C'est pourquoi, au risque de grever encore nos finances, nous n'avons pas hésité à assumer cette tâche nouvelle.

» Permettez-moi maintenant, Messieurs, de citer plus spécialement à l'ordre du jour les ouvriers les plus actifs de l'œuvre commune : notre trésorier, M. Brocq, à qui incombait la lourde tâche de succéder à M. Violet et qui s'en acquitte avec succès (je ne saurais faire de lui un meilleur éloge); notre secrétaire général, M. Joly, digne lui aussi de la brillante lignée de ses prédécesseurs,

et qui a mis au service de la Société non seulement sa connaissance approfondie de l'électricité théorique et de la construction électrique, mais encore ses qualités personnelles de jugement et de tact, ses relations et ses amitiés dans le monde des jeunes ingénieurs électriciens qui cherchent, qui travaillent et qui trouvent. A lui revient surtout le mérite du succès de nos séances.

» Enfin je ne voudrais pas oublier le collaborateur si dévoué qui, depuis l'origine de la Société, est le secrétaire du Comité, M. Sabourain, toujours sur la brèche, aujourd'hui comme hier, demain comme aujourd'hui, et auquel les années qui viennent semblent n'apporter qu'une jeunesse nouvelle.

» Je remercie également notre agent administratif, M. Tessier, qui, par son zèle, son expérience, est l'auxiliaire précieux et indispensable des Bureaux successifs.

» Il me reste, Messieurs, à accomplir le dernier acte de ma fonction.

» Quand vous avez eu, l'an passé, à procéder à la désignation de votre nouveau président, M. Brylinski a réuni la quasi-unanimité des suffrages. Aucun nom ne pouvait symboliser plus heureusement le double aspect de notre Société qui fait une part égale à la spéculation scientifique et aux applications industrielles.

» Il appartient aux savants, théoriciens ou expérimentateurs, de reconnaître et de signaler les voies nouvelles; il appartient aux ingénieurs de les rendre accessibles à tous. Le travail de l'atelier de construction et de l'usine doit compléter celui du laboratoire; les plus belles découvertes resteraient dans le domaine de l'abstraction si elles ne subissaient pas la lente et minutieuse mise au point nécessaire à la pratique.

» En feuilletant les collections de notre *Bulletin* vous verrez tour à tour s'y manifester sous ces deux faces l'activité de M. Brylinski. Dans ses Mémoires, la science théorique la plus sûre et la plus élevée s'allie à l'appréciation la plus exacte et la plus sagace de la pratique. Leur lecture vous convaincra que, en dépit d'une affirmation célèbre de Pascal, il est possible de concilier l'esprit de finesse et l'esprit de géométrie. En ce qui concerne enfin son jugement si sûr et si droit des hommes et des choses, je ne saurais rien apprendre à ceux qui l'ont vu à l'œuvre soit dans la

grande Société qu'il dirige, soit dans le Syndicat professionnel des Usines d'électricité, dont il a été plusieurs années durant le président modèle.

» Vous venez de désigner ce soir celui qui sera appelé plus tard à lui succéder. M. Lucien Poincaré s'est signalé par des recherches de haute valeur sur les électrolytes, ainsi que par des ouvrages de philosophie scientifique sur l'électricité et sur la physique générale qui comptent de nombreuses éditions. Le succès du Congrès international de Physique de 1900 est pour la plus grande partie son œuvre. Dans les fonctions de secrétaire général de la Société de Physique, il a fait preuve des mêmes éminentes qualités qu'il devait déployer plus tard dans de hautes fonctions administratives. A maintes reprises d'ailleurs, il a déjà dirigé vos débats en qualité de vice-président et tous vous avez apprécié l'aménité de ses relations et sa grande autorité personnelle.

» Nous pouvons donc envisager l'avenir avec confiance et je suis certain de laisser notre Société en bonnes mains. Je prie M. Brylinski de vouloir bien prendre sur cette estrade la place de président. » (*Applaudissements.*)

**ALLOCUTION DE M. BRYLINSKI, PRÉSIDENT ENTRANT.**

M. BRYLINSKI (*président entrant*). — « Mes chers collègues, je tiens à vous exprimer dès ce soir ma profonde gratitude pour le très grand honneur que vous m'avez fait en m'appelant à la présidence de la Société. J'en ressens même quelque confusion, lorsque, jetant un coup d'œil en arrière, je revois la liste des hommes éminents qui ont occupé ce fauteuil avant moi et j'aurais quelque crainte de ne pouvoir vous rendre les services que vous avez lieu d'attendre de votre président, si je ne savais pouvoir compter sur le concours actif et dévoué du Bureau, du Comité d'administration et de quelques fidèles collaborateurs qui restent modestement dans l'ombre, mais dont l'œuvre est particulièrement utile à la Société.

» Je désire saluer tout d'abord le savant éminent qui vient de me transmettre les pouvoirs présidentiels. Héritier d'un nom

illustre, qu'il parvient à rendre plus illustre encore, M. Daniel Berthelot a apporté à la Société un concours des plus précieux. Son nom restera attaché aux réformes, devenues bien nécessaires, qui assurent à la Société des ressources augmentées, et j'ai été à même de constater avec quelle méthode et quelle mesure il a étudié cette grave question, aboutissant ainsi à une solution dont la modération doit certainement assurer le succès complet.

» Permettez-moi ensuite de prendre acte avec une vive satisfaction du vote par lequel vous venez de désigner M. Lucien Poincaré pour assumer l'an prochain le fardeau de la présidence, assurant ainsi à la Société un concours particulièrement précieux.

» Pour terminer, constatons ensemble que l'activité de la Société ne fait que se développer tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. Sans revenir sur les résultats signalés par les rapports que vous venez d'entendre, nous voyons à l'intérieur l'activité des sections du Comité d'administration, qui avait reçu de M. Grosselin une vive impulsion, donner à la Société une vie intérieure qui est indispensable et procurer aux communications faites en séance une qualité supérieure, tout en ouvrant la voie à des discussions utiles. Cette activité paraît devoir se développer encore à la suite de mesures opportunes que sont en train de mettre en œuvre quelques-uns des présidents de sections.

» Le Bureau et le Comité se sont préoccupés, en outre, de ne pas restreindre à l'agglomération parisienne l'activité de la Société. Ils ont organisé, pour le mois de juin prochain, en commun avec la *Société des Ingénieurs civils de France*, une visite à l'Exposition de Lyon, à laquelle prendra part également le *Syndicat professionnel des Usines d'électricité*. Si, comme nous l'espérons, cette tentative est couronnée de succès, des visites en province seront sans doute organisées les années suivantes et auront certainement une heureuse influence sur le développement et l'action de la Société.

» A l'extérieur, des congrès comme celui du printemps dernier, auquel nos amis de Grande-Bretagne sont venus prendre part en grand nombre, ont la plus heureuse influence; mais ce n'est qu'une influence limitée.

» La véritable action de la Société à l'extérieur s'exerce d'une manière permanente dans deux organismes internationaux : la



Commission électrotechnique internationale et la Commission internationale de l'Éclairage.

» La première de ces Commissions fonctionne depuis trop longtemps pour qu'il paraisse utile de vous rappeler ses origines. Elle a tenu, comme vous le savez, une séance plénière à Berlin l'an dernier, au mois de septembre. L'ordre du jour comportait des résolutions sur la nomenclature, les symboles, les machines électriques et les moteurs primaires, ainsi que la nomination d'un président pour deux ans. Sur ce dernier point, la candidature de notre ancien président M. Maurice Leblanc, présentée et appuyée par des amis étrangers en termes particulièrement élogieux, a été adoptée par acclamation. Vous m'excuserez de rappeler ce résultat, qui a été particulièrement agréable aux délégués français, en raison de l'honneur qui en rejaillit sur la Société.

» En ce qui concerne la nomenclature, une liste de termes, accompagnés de définitions correctes, a été adoptée. Ce travail a pour but essentiel d'établir la correspondance des termes en diverses langues, et il me paraît peu probable que l'étude du vocabulaire électrotechnique international soit activement reprise tant qu'il n'aura pas notablement progressé.

» Pour les symboles, qui rentrent dans le domaine de M. P. Janet, un accord très étendu a été établi, de telle sorte qu'on peut espérer pouvoir lire bientôt avec une égale facilité les formules quelle que soit la nationalité de leur auteur.

» Pour les machines électriques, dont notre ancien président, M. Boucherot, s'occupe avec une inlassable activité, l'accord n'a été que partiel, ce dont on ne saurait s'étonner en présence des importants intérêts qui sont en jeu. La divergence fondamentale porte sur l'adoption d'une température internationale de repère, grâce à laquelle une machine portant la marque C. E. I. aura la même spécification dans tous les pays. Il est extrêmement désirable de parvenir à un accord sur cette question primordiale et nous ne devons pas encore désespérer d'y arriver.

» La question des moteurs primaires consiste à préciser certaines définitions relatives aux moteurs hydrauliques, à vapeur, à gaz ou à essence. C'est un travail qui en est encore à ses débuts et auquel notre ancien président, M. Bochet, apporte le concours de sa grande expérience et de son dévouement toujours prêt.

» Tous ces travaux sont, pour la France, dirigés et centralisés par notre ancien président M. R.-V. Picou, dont l'éloge n'est plus à faire, et auquel M. Ch. David prête un concours des plus utiles comme secrétaire du Comité électrotechnique français.

» La Commission internationale de l'Éclairage est beaucoup plus récente. Elle constitue une extension d'une Commission préexistante qui avait été fondée principalement par des sociétés gazières, et a conservé à sa tête, à la demande unanime, l'éminent professeur M. Th. Vautier, qui présidait cette ancienne commission.

» Son intermédiaire en France est le Comité français de l'Éclairage, où la Société est largement représentée, et qui a nommé président par acclamation l'illustre savant M. Violle, qui fut, lui aussi, l'un de nos présidents les plus écoutés.

» L'un des premiers travaux du Comité français de l'Éclairage sera vraisemblablement la définition et la dénomination des grandeurs et unités lumineuses. Cette étude aura pour base un travail de nos collègues américains, œuvre de haute valeur qui satisfera pleinement notre esprit français un peu méticuleux, lorsqu'il y aura été introduit un ordre plus parfait, accompagné de quelques compléments et modifications de détail. MM. A. Broca, P. Janet et Laporte ont entrepris avec quelques autres de nos collègues l'étude de cette question; ces noms nous sont un sûr garant de la perfection des résultats que nous pouvons attendre. Le moment serait mal choisi pour entrer dans l'examen détaillé de cette question, mais je désire signaler en passant une difficulté spéciale aux grandeurs lumineuses.

» Nous avons ici l'habitude de considérer des phénomènes physiques qui, lorsqu'ils sont provoqués par des causes identiques dans des circonstances identiques, se reproduisent identiquement, et nous sommes, par conséquent, portés tout naturellement à envisager les grandeurs lumineuses comme des grandeurs purement physiques. Or, s'il est bien certain qu'un rayonnement lumineux déterminé est en soi un phénomène physique, il est cependant en même temps un phénomène physiologique. Le caractère fondamental du phénomène lumineux est en effet d'être perçu par l'œil, de telle sorte que, pour qu'une vibration de l'essence des vibrations lumineuses soit réellement lumineuse, il faut que sa

fréquence soit comprise entre deux limites bien définies. Bien plus, la valeur lumineuse de cette radiation, si on la suppose variant de fréquence en conservant constants ses autres caractères physiques, dépendra de cette fréquence suivant une loi compliquée. Et enfin, la valeur lumineuse de cette radiation supposée absolument constante variera d'un œil à un autre, et, pour un même œil, variera dans de larges limites suivant une foule de circonstances purement extérieures, de telle sorte que l'œil ne peut servir qu'à établir des égalités d'éclats de deux surfaces juxtaposées.

» De ce rôle réduit de l'œil, et surtout de la confusion entre la notion physique et la notion physiologique de la lumière, résultent des difficultés appréciables qu'il est indispensable de faire disparaître avant d'établir un système complet de grandeurs et d'unités lumineuses.

» Mais l'heure passe et je suis confus de vous avoir retenus si longtemps. Je tenais à vous montrer que la Société joue vraiment le rôle international que lui assignait son nom, puisqu'elle prend une part importante aux travaux des deux grandes Commissions dont je viens de parler.

» Est-ce à dire que nous puissions nous endormir dans les délices de Capoue? Il n'en est rien. Vos présidents passés, aidés par une phalange de dévoués collaborateurs, ont fait des tours de force pour obtenir, avec des ressources très médiocres, des résultats importants. Les mesures qui ont été prises ces derniers temps et complétées aujourd'hui même par le relèvement de la cotisation augmenteront sensiblement ces ressources, tout en les laissant inférieures aux besoins, et ce n'est que grâce au concours dévoué de tous que la Société pourra poursuivre sa marche ascendante. J'ai l'entière confiance que ce concours ne fera jamais défaut à votre Bureau et à votre Comité d'administration. »

(*Applaudissements.*)

La séance est levée à 23 h 15.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE.

REMARQUES GÉNÉRALES RELATIVES A L'UNIFICATION DES SYMBOLES.

En se limitant à l'Électrotechnique, il semble possible d'unifier les symboles. Les principes qui ont servi comme base des travaux du Comité spécial pour cette unification sont les suivants :

Il faut que les symboles se distinguent nettement les uns des autres, aussi bien dans l'écriture à la plume sur le papier que dans l'écriture à la craie sur le tableau noir et qu'en typographie. Il est recommandable d'employer pour les symboles, dans les travaux imprimés, un caractère différent de celui qui compose le texte; d'imprimer, par exemple, les symboles en lettres italiques si le texte est en romaines, et inversement. Il est désirable qu'en écriture courante, on n'ait pas à ajouter des signes distinctifs aux symboles pour indiquer les caractères typographiques à employer. Il faut pouvoir énoncer les symboles quand on les écrit au tableau noir. Enfin, il convient de garder de préférence ceux que l'usage a déjà consacrés. Il résulte de ce qui précède qu'on ne peut pas différencier, dans l'écriture courante, les lettres romaines des lettres italiques et que les minuscules rondes, se distinguant trop difficilement des autres, ne peuvent pas être employées. De l'avis général, il convient de renoncer aux lettres gothiques, trop longues à écrire. Enfin, beaucoup de majuscules grecques sont semblables à des majuscules romaines. Tout bien considéré, il ne reste qu'une centaine de symboles disponibles en romaines, rondes et grecques. Plusieurs en sont déjà pris par des signes mathématiques dont les électriciens eux-mêmes ont besoin. Ci-après une liste des symboles proposés pour les grandeurs dont on fait le plus fréquent usage en Électrotechnique. Si l'on tient compte de quelques autres symboles dont on a aussi parfois besoin, il est évident qu'il n'en reste plus pour les grandeurs purement physiques ou mécaniques. Or, dans une même formule, peuvent intervenir des symboles électrotechniques et des symboles de Mécanique ou de Physique générale. Le cas se présente notamment pour la masse, le moment d'inertie, la vitesse, la densité, la température, la quantité de chaleur, etc. La Commission électrotechnique internationale recommande d'employer, alors, pour la grandeur physique ou mécanique, le symbole habituellement utilisé par les physiciens ou les mécaniciens, si cette lettre n'existe pas déjà dans la formule comme symbole électrotechnique. Dans l'éventualité contraire, il est désirable d'affecter le symbole d'un signe distinctif, ou de changer de notation.

RÈGLES CONCERNANT LES GRANDEURS.

- a. Les valeurs instantanées des grandeurs électriques variables dans le temps sont représentées par des lettres minuscules. En cas d'ambiguïté, on peut affecter celles-ci de l'indice  $t$ .
- b. Les valeurs efficaces ou constantes des grandeurs électriques sont représentées par des lettres majuscules.
- c. Les valeurs maxima des grandeurs électriques et magnétiques périodiques sont représentées par des lettres majuscules affectées de l'indice  $m$ .
- d. Dans les cas où il serait désirable de distinguer les grandeurs magnétiques, constantes ou variables, des grandeurs électriques, les grandeurs magnétiques sont représentées par des majuscules rondes, grasses ou de type spécial. Les lettres rondes ne seront employées que pour des grandeurs magnétiques.
- e. Les angles sont représentés par des minuscules grecques.
- f. Les grandeurs sans dimensions et les grandeurs dites *spécifiques* sont représentées autant que possible par des minuscules grecques.

# Tableau des symboles adoptés.

## I. — GRANDEURS.

| Nom de la grandeur.                        | Symbole.                | Symboles recommandés pour le cas où le symbole principal ne conviendrait pas.      |
|--------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Longueur.....                           | $l$                     | Dans les équations aux dimensions, on emploiera les lettres majuscules $L, M, T$ . |
| 2. Masse.....                              | $m$                     |                                                                                    |
| 3. Temps.....                              | $t$                     |                                                                                    |
| 4. Angles.....                             | $\alpha, \beta, \gamma$ |                                                                                    |
| 5. Accélération de la pesanteur.....       | $g$                     |                                                                                    |
| 6. Travail.....                            | $A$                     | $W$                                                                                |
| 7. Énergie.....                            | $W$                     | $U$                                                                                |
| 8. Puissance.....                          | $P$                     | ( <sup>1</sup> )                                                                   |
| 9. Rendement....                           | $\eta$                  |                                                                                    |
| 10. Nombre de tours dans l'unité de temps. | $n$                     |                                                                                    |
| 11. Température centigrade.....            | $t$                     | $\theta, \vartheta$                                                                |
| 12. Température absolue.....               | $T$                     | $\theta$                                                                           |
| 13. Période.....                           | $T$                     |                                                                                    |
| 14. Pulsation ( $\frac{2\pi}{T}$ ).....    | $\omega$                |                                                                                    |
| 15. Fréquence.....                         | $f$                     | $\nu$ ( <sup>2</sup> )                                                             |
| 16. Déphasage.....                         | $\varphi$               |                                                                                    |
| 17. Force électromotrice.....              | $E$                     |                                                                                    |
| 18. Courant....                            | $I$                     |                                                                                    |
| 19. Résistance.....                        | $R$                     |                                                                                    |
| 20. Résistivité.....                       | $\rho$                  |                                                                                    |
| 21. Conductance.....                       | $G$                     | ( <sup>3</sup> )                                                                   |
| 22. Quantité d'électricité.....            | $Q$                     |                                                                                    |
| 23. Induction électrostatique.....         | $D$                     |                                                                                    |
| 24. Capacité.....                          | $C$                     |                                                                                    |
| 25. Constante diélectrique.....            | $\varepsilon$           |                                                                                    |

(<sup>1</sup>) Un symbole pour la seconde colonne sera désigné ultérieurement par les Comités allemand et autrichien, sans nouvelle discussion de la Commission électrotechnique internationale.

(<sup>2</sup>) Ce symbole sera supprimé si les Comités allemand et autrichien le décident ultérieurement.

(<sup>3</sup>) Un symbole pour la seconde colonne sera désigné ultérieurement par les Comités allemand et autrichien, sans nouvelle discussion de la Commission électrotechnique internationale.

I. — GRANDEURS (*suite*).

| Nom de la grandeur.            | Symbole. | Symboles recommandés pour le cas où le symbole principal ne conviendrait pas. |
|--------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 26. Self-inductance.....       | <i>L</i> | $\mathcal{L}$                                                                 |
| 27. Inductance mutuelle....    | <i>M</i> | $\mathcal{M}$                                                                 |
| 28. Réactance.....             | <i>X</i> | $\mathcal{X}$                                                                 |
| 29. Impédance.....             | <i>Z</i> | $\mathcal{Z}$                                                                 |
| 30. Réluctance.....            | <i>S</i> | $\mathcal{R}$                                                                 |
| 31. Flux magnétique.....       | $\Phi$   | $\mathcal{F}$                                                                 |
| 32. Induction magnétique...    | <i>B</i> | $\mathcal{B}$                                                                 |
| 33. Champ magnétique.....      | <i>H</i> | $\mathcal{H}$                                                                 |
| 34. Intensité d'aimantation... | <i>J</i> | $\mathcal{J}$                                                                 |
| 35. Perméabilité.....          | $\mu$    |                                                                               |
| 36. Susceptibilité.....        | <i>k</i> |                                                                               |

Rondes, grasses ou type spécial.

Le délégué allemand fait ses réserves au sujet des symboles 13, 14, 20, 23, 25, 27 à 31, qui ne sont pas encore acceptés en Allemagne, mais ne s'oppose pas à l'adoption de ces symboles par la Commission électrotechnique internationale.

II. — UNITÉS.

*Signes pour les noms des unités électriques à employer seulement après des valeurs numériques.*

| Nom de l'unité.            | Signe.                            |
|----------------------------|-----------------------------------|
| 1. Ampère.....             | <b>A</b>                          |
| 2. Volt.....               | <b>V</b>                          |
| 3. Ohm.....                | ( <sup>1</sup> )                  |
| 4. Coulomb.....            | <b>C</b>                          |
| 5. Joule.....              | <b>J</b>                          |
| 6. Watt.....               | <b>W</b>                          |
| 7. Farad.....              | <b>F</b>                          |
| 8. Henry.....              | <b>H</b>                          |
| 9. Volt-coulomb.....       | <b>VC</b>                         |
| 10. Watt-heure.....        | <b>Wh</b>                         |
| 11. Volt-ampère.....       | <b>VA</b>                         |
| 12. Ampère-heure.....      | <b>Ah</b>                         |
| 13. Milliampère.....       | <b>mA</b>                         |
| 14. Kilowatt.....          | <b>kW</b>                         |
| 15. Kilovolt-ampère.....   | <b>kVA</b>                        |
| 16. Kilowatt-heure.....    | <b>kWh</b>                        |
| <b>m</b> signe pour milli- | $\mu$ signe pour micro- ou micr-  |
| <b>k</b> signe pour kilo-  | <b>M</b> signe pour méga- ou még- |

(<sup>1</sup>) Comme signe provisoire de l'ohm, il est recommandé d'employer l'une des deux lettres *O* ou  $\Omega$ . La lettre  $\Omega$  ne doit plus être employée comme signe du mégohm.

### III. — SYMBOLES ET RÈGLES MATHÉMATIQUES.

| Désignation.                             | Symbole.   | Symboles recommandés<br>pour le cas<br>où le symbole principal<br>ne conviendrait pas. |
|------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Différentielle totale.....               | d          | <i>d</i>                                                                               |
| Différentielle partielle.....            | $\partial$ |                                                                                        |
| Base des logarithmes népériens.....      | e          | $\varepsilon$                                                                          |
| Imaginaire $\sqrt{-1}$ .....             | i          | j                                                                                      |
| Rapport de la circonférence au diamètre. | $\pi$      |                                                                                        |
| Somme, série.....                        | $\Sigma$   |                                                                                        |
| Somme, intégrale.....                    | $\int$     |                                                                                        |

1. Les exposants en chiffres arabes représentent uniquement des puissances. (En conséquence, il est à désirer que les expressions  $\sin^{-1}x$ ,  $\tan^{-1}x$ , employées dans certains pays, soient remplacées par  $\arcsin x$ ,  $\arctan x$ .)

2. La virgule et le point sont employés pour séparer les décimales suivant les usages du pays; mais, dans les nombres, les tranches de trois chiffres sont séparées par un espace et non par un point ou par une virgule (1 000 000).

3. Pour la multiplication des nombres et pour la multiplication des grandeurs géométriques désignées par deux lettres, il est recommandable d'employer le signe  $\times$ , et de n'utiliser le point que lorsqu'il n'y a pas d'ambiguïté possible.

4. Pour indiquer une division dans une formule, il est recommandable d'employer la barre horizontale ou le double point. Toutefois, le trait oblique peut être utilisé lorsqu'il n'y a pas d'ambiguïté possible; au besoin, on fera usage, pour la clarté, de parenthèses ( ), de crochets [ ] et d'accolades { }.

### IV. — SIGNES ABRÉVIATIFS POUR LES POIDS ET MESURES.

|               |                                                                                                             |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Longueur..... | m; km; dm; cm; mm; $\mu = 0,001$ mm.                                                                        |
| Surface.....  | a; ha; m <sup>2</sup> ; km <sup>2</sup> ; dm <sup>2</sup> ; cm <sup>2</sup> ; mm <sup>2</sup> .             |
| Volume.....   | l; hl; dl; cl; ml; m <sup>3</sup> ; km <sup>3</sup> ; dm <sup>3</sup> ; cm <sup>3</sup> ; mm <sup>3</sup> . |
| Masse.....    | g; t; kg; dg; cg; mg.                                                                                       |

**NOTA.** — Les Tableaux ci-dessus étant appelés à être utilisés constamment par certains de nos Collègues, la Société en a fait encarter un tirage à part dans le présent Bulletin et en tient un certain nombre d'exemplaires à la disposition des Membres qui pourraient lui en faire la demande. Elle ne saurait trop engager tous les Électriciens à se conformer aux prescriptions de la Commission électrotechnique internationale et à adopter dorénavant les symboles qu'elle préconise.

## RÉSUMÉ DES COMMUNICATIONS ÉTRANGÈRES.

---

**Distribution de l'électricité dans le Rand,** par A. E. HADLEY (*Inst. Elect. Eng.*, juin 1913).

Cette Communication donne des détails complets sur les méthodes de distribution adoptées par la Rand Mines Power Supply Co. La plus grande charge atteinte a été 88 000 kw en comprenant une grande quantité d'énergie fournie sous forme d'air comprimé pour les perforatrices. Les contrats ont été passés avec les consommateurs pour 12 ans au moins; le tarif est de 0,525 d. (environ 5 centimes) l'unité tant que le facteur de charge mensuel est supérieur à 70 pour 100, ce facteur de charge étant établi d'après l'heure de consommation maxima. Les prix doivent être revus de temps en temps en vue d'un partage de bénéfices. Le courant est fourni à l'industrie minière à 2100 et à 525 vol. s. L'ensemble des installations génératrices peut fournir 176 000 kw en comprenant les 120 000 kw sous forme d'air comprimé. L'énergie électrique est transmise par lignes aériennes. Le courant est triphasé à 50 périodes, 40 000 et 80 000 volts. Il a fallu se préoccuper des orages qui sont très graves, il s'en produit jusqu'à 200 dans un même été sur tout le réseau. Pour protéger la ligne on a employé : 1° un fil supérieur de garde mis à la terre; 2° la mise à la terre du neutre dans chaque section séparée; 3° des parafoudres convenablement choisis et réglés avec soin pour agir dans les différentes circonstances qui peuvent se présenter. Un plan schématique montre l'arrangement des parafoudres à cornes à différentes stations, donne l'écartement de leurs armatures et les valeurs des résistances ohmiques qui les mettent à la terre. Les centrales de Rosherville, qui sont les plus importantes du réseau, sont complètement décrites : à cause de l'eau elles sont toutes situées au bord de lacs artificiels créés près de la chaîne de montagne; on aura prochainement à cet endroit une puissance installée de 100 000 kw. Un point important est l'adoption du tirage induit système Prat. Les chaudières voisines sont desservies par une cheminée commune contenant un éjecteur; cette cheminée s'élève à 90 pieds (environ 27 m) au-dessus du sol de la chaufferie. Un ventilateur actionné par un moteur électrique de 75 chevaux envoie un courant d'air froid dans l'éjecteur, ce qui produit l'appel nécessaire grâce à une sous-pression d'environ 1 pouce (2,5 cm). La pression barométrique étant très basse dans le Rand qui est à 5760 pieds (environ 1800 m) d'altitude, les cheminées ordinaires n'auraient pu produire l'appel suffisant et en tout cas, leur construction dans l'Afrique du Sud aurait été très onéreuse. L'auteur donne des détails complets et des dessins des dispositions générales, des connexions électriques du tableau, des dispositions de l'éjecteur Prat. Il donne aussi des dessins représentant une grande station de compresseurs d'air et le plan général des sous-stations des consommateurs, sous-stations qu'on a accusées d'être trop vastes, mais que l'auteur défend en faisant observer qu'elles transforment souvent de grandes puissances et qu'en outre leur construction n'a pas coûté plus de 10 sh. (11.6 fr) par kilowatt. L'air comprimé est distribué par des conduites partant de deux centres : l'un est une station à vapeur à Rosherville et l'autre une station mue par l'électricité à Robinson Central Deep. A l'origine on demandait 30 000 kw sous forme d'air comprimé, aujourd'hui cette demande a presque doublé. L'air est fourni à la pression de 100 livres par pouce



carré (7 kg par centimètre carré), la distance extrême de l'utilisation est de 14 milles (22.5 km) et est franchie par une conduite de 20 milles (32 km). La pression à donner au départ dépend beaucoup de la quantité d'air à fournir; l'auteur traite cette question et décrit un indicateur de débit avec tube de Venturi. On n'a d'ailleurs trouvé aucune difficulté sérieuse sur ce point et les appareils de mesure étaient très exacts et très sensibles. Le dessin d'un joint de tube à air comprimé est donné; ces joints contiennent une bague de caoutchouc.

Cette Communication a été longuement discutée. Dans sa réponse, l'auteur explique que la hauteur de 24,6 pieds (7,5 m) exigée pour le point le plus bas des lignes à haute tension a été déterminée non par la hauteur des voitures, mais par la longueur du fouet des voituriers. Les effluves n'ont causé aucun trouble, quoique la station de Vereeniging soit connectée au Rand par une ligne à 80 000 volts. On n'a trouvé sur les isolateurs aucun dépôt de sable ou de poussière à la suite des tempêtes de poussière. Les accidents d'isolateurs qui sont survenus étaient dus à une vitrification insuffisante. Les désordres dus à la foudre qui ont été enregistrés se sont répartis également sur les trois phases; la mise à la terre du neutre a eu pour effet de diminuer le nombre des accidents de ce genre. Les troubles dus à la foudre deviennent d'année en année moins fréquents et il est peu probable que pour les éviter on adopte l'usage de lignes souterraines à cause de l'augmentation de charges financières qui en résulterait. On relève chaque mois la consommation de chaque mine et de petites variations représentent de grosses sommes d'argent; aussi emploie-t-on trois compteurs en série et, si leurs indications diffèrent de plus de 3 pour 100, ils sont tous réétalonnés. Les prix sont établis d'après une sorte de système coopératif et ils seront probablement abaissés dans l'avenir. Si le prix de la puissance fournie s'abaisse au-dessous de 0,225 d. (2,17 c d' l'amortissement) l'unité (les charges du capital étant mises à part), le bénéfice est partagé entre la compagnie et les consommateurs.

**L'électrisation naturelle ou artificielle de l'atmosphère** (Cinquième conférence Kelvin),  
par Sir Oliver LODGE (*Inst. Elect. Eng.*, 2 mars 1914).

L'auteur, après avoir rappelé comment Lord Kelvin a le premier mesuré et enregistré le potentiel atmosphérique au moyen de ses électromètres à gouttes d'eau ou à fumée, donne un aperçu de l'état électrique de l'atmosphère dont les couches supérieures sont en général électrisées positivement, tandis que le sol l'est négativement. L'inverse se produit lorsqu'il pleut et Kelvin avait déjà remarqué qu'une des conditions du beau temps est la présence d'un excès d'électricité positive dans les hautes régions de l'atmosphère; mais on ignore si c'est là une cause ou un effet. Examinant la question des aurores polaires, l'auteur les attribue à des électrons que projette le Soleil et qui se déplacent à une vitesse presque égale à celle de la lumière. Le phénomène doit nécessairement se tenir à plus de 60 km de hauteur dans une région où la pression atmosphérique est inférieure à 0,1 mm, et des mesures au théodolite faites, par Paulsen et La Cour, situent même les aurores polaires à plus de 400 km de hauteur. On a mis en avant beaucoup d'hypothèses pour expliquer l'électrisation de la terre : pluie, clapotis, évaporation; l'auteur croit à une cause cosmique : le Soleil produit des rayons  $\alpha$ ,  $\beta$ , et  $\gamma$ ; les électrons négatifs tournant autour des lignes de force du champ terrestre sont rejetés vers les pôles, tandis que les charges positives tombent d'aplomb vers l'équateur. Les couches supérieures de l'atmosphère qui sont conductrices et opaques pour certaines radiations, retiennent les charges positives. Les recherches sur la télégraphie sans fil ont prouvé que l'atmosphère présentait

plusieurs espèces d'opacité et les ondes herziennes qui contournent le globe en subissant une série de réflexions et de réfractions seront précieuses pour étudier les régions supérieures de l'atmosphère. L'auteur donne ensuite une description des couches de l'atmosphère qui, à partir d'une certaine altitude (100 km environ), ne contient plus que de l'hydrogène et un corps hypothétique : le géo-coronium.

L'électrisation artificielle de l'atmosphère a déjà été pratiquée pour condenser les vapeurs, précipiter les poussières et les fumées. L'auteur propose d'essayer de faire tomber la pluie en électrisant les nuages par cerf-volant : le cerf-volant serait porté à un potentiel de plusieurs centaines de milliers de volts, au moyen de transformateurs statiques et de soupapes mises en série.

L'électrisation des récoltes, au moyen d'un réseau de fils portés à environ 100 000 volts et couvrant les champs à plusieurs mètres au-dessus du sol, a été pratiquée avec succès en Angleterre. Il semble que ce traitement remplace la lumière solaire et, dans les années où le soleil est rare, donne d'importants bénéfices (de 20 à 40 pour 100); la dépense d'énergie nécessaire ne serait que de 1 watt pour 1000 m<sup>2</sup>. Lorsqu'il fait du soleil, le traitement doit être arrêté. L'auteur termine sa conférence par un aperçu des expériences faites sur l'emploi de l'électricité en agriculture et donne quelques Tableaux montrant les résultats obtenus.

**Sur les conditions qui déterminent l'électrification des chemins de fer, par Roger T. SMITH**  
(*Inst. Elect. Eng.*, 16 février 1914).

L'auteur envisage le problème au point de vue des chemins de fer britanniques et fait observer que si, pour les lignes métropolitaines, l'électrification est nécessaire, déjà, pour les lignes suburbaines, le prix des terrains, l'avisement des tarifs obligent les compagnies à examiner de très près la question financière rendue encore plus ardue par la cherté actuelle de l'argent et la situation peu brillante des chemins de fer anglais. Pour rendre intéressante l'électrification des grandes lignes, il faudra réaliser des locomotives électriques capables de développer une grande puissance aux grandes vitesses, réduire leur prix et enfin fournir l'énergie électrique à un tarif voisin de 0,0125 fr le kilowatt-heure.

La locomotive électrique est, par contre, avantagée pour le service des marchandises : elle peut remorquer la plus lourde charge que permettent les attelages à une vitesse à peu près double de celle qu'atteindrait une locomotive à vapeur; son poids est mieux utilisé en vue de l'adhérence, il n'y a aucun inconvénient à la mettre en banalité, sa capacité annuelle en trains-kilomètres est double de celle d'une machine à vapeur, tant à cause de sa vitesse plus grande que du temps moindre qu'elle doit passer à l'atelier de réparations; comme au repos elle n'use pas d'énergie, elle est équivalente à la machine à vapeur si le kilowatt-heure coûte 0,05 fr; enfin on peut lui faire donner son effort maximum à la vitesse que l'on veut.

DISCUSSION DE LA COMMUNICATION PRÉCÉDENTE (*Inst. Elect. Eng.*, 2 mars 1914).

M. H.-W. FIRTH approuve dans leur ensemble les vues de l'auteur; il fait observer qu'il faut se garder de trop spécialiser le matériel des chemins de fer, qu'en particulier le matériel suburbain doit être étudié pour servir quelquefois sur les grandes lignes et qu'il serait utile de posséder une locomotive électrique capable de faire à la fois les deux services. L'orateur ne croit pas, pour des raisons qui touchent au service des chemins de fer,

que la capacité en trains par heure des gares et que l'utilisation (en trains-kilomètres) des locomotives puissent être augmentées, autant que l'affirme M. R. T. Smith, par l'emploi de l'électricité. M. J. B. SPARKS discute les chiffres donnés par l'auteur et attire l'attention sur l'économie qui, dans le cas de la traction électrique, résulte de la diminution des transports de charbon. M. S. P. SMITH pense que la question économique n'entre pas seule en jeu dans les problèmes de l'électrification des chemins de fer, la présence de longues et fortes rampes, de longs tunnels, sont parfois des causes déterminantes; la propreté, la diminution des espaces occupés dans les villes, notamment par suite de la disparition des parcs à charbon, ont aussi leur importance. Toutefois la traction électrique présente l'inconvénient grave (surtout au point de vue stratégique) qu'un accident de l'usine ou des canalisations paralyse le trafic tout entier. Si l'on considère le rendement thermique du charbon brûlé, soit dans la traction à vapeur, soit dans la traction électrique, on trouve qu'il est sensiblement le même, mais il faut tenir compte de ce que le charbon pour les locomotives coûte deux fois plus cher que le charbon des centrales. M. W. M. MORDEY préfère économiser l'énergie que de compter sur une baisse du prix du kilowatt-heure; il signale incidemment le dispositif économique (en usage sur le Central London Ry) qui consiste à démarrer sur des pentes et à s'arrêter sur des rampes, le niveau des stations étant plus élevé que celui du reste de la voie. M. H. M. SAYERS croit que la création d'une bonne locomotive à grande vitesse peut être envisagée dès à présent et qu'il faut rechercher dans l'électrification, non une économie d'exploitation, mais une amélioration du service qui entraînera de nouveaux bénéfices; l'électrification augmentera la capacité des lignes, la fréquence des trains et permettra de faire des trains omnibus à marche accélérée. M. J. M. KENNEDY attire l'attention sur le goût des voyageurs pour un confort de plus en plus grand que seule la traction électrique pourra procurer. Il déclare que, dans la majorité des cas, les chemins de fer auront intérêt à produire eux-mêmes l'énergie électrique. M. A. W. E. HARRIS pense qu'il est très simple d'adapter la locomotive électrique aux trains de vitesse en augmentant le diamètre des roues ou en modifiant le rapport des engrenages. M. W. B. WOODHOUSE donne pour la consommation des trains la formule  $e = 21 + 22n$ , où  $e$  représente les watts-heures consommés par tonne-mille, et  $n$  le nombre d'arrêts par mille, soit, par tonne-kilomètre,  $e' = 13 + 22n'$ , où  $n'$  est le nombre d'arrêts par kilomètre; à l'encontre de l'orateur précédent, il recommande l'achat de l'électricité à des stations centrales. M. Roger T. SMITH, dans sa réponse, insiste sur les faibles profits du trafic des voyageurs qui procède par à-coups, et fait observer que, contrairement à une opinion généralement répandue, la locomotive à vapeur n'a pas encore dit son dernier mot.

#### DISCUSSION A BIRMINGHAM.

M. A.-M. TAYLOR compare les locomotives électriques et les locomotives à vapeur et émet l'opinion que des locomotives électriques capables d'assurer un service rapide pourront être prochainement mises au point. Le prix élevé des locomotives électriques vient de ce qu'elles sont fabriquées en trop petit nombre et que leur construction n'est pas encore standardisée.

#### La rigidité électrostatique des isolants en feuilles minces, par F. M. FARMER

(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, décembre 1913).

Cette Communication donne le compte rendu d'expériences faites aux *Electrical Testing*

*Laboratories* pour déterminer l'effet de la grandeur des électrodes sur la rigidité électrostatique apparente des isolants en feuilles minces. Les essais ont été faits avec deux électrodes égales et circulaires dont le diamètre a varié de 0,39 mm à 15,2, 25,4 et 38 cm. Ils ont porté : 1° sur des étoffes caoutchoutées et sur de minces lames de caoutchouc durci (essais faits dans l'air); 2° sur des toiles isolantes dans l'air et dans l'huile de transformateur; 3° sur de l'huile de transformateur sous différentes épaisseurs; 4° sur l'air sous différentes épaisseurs. Les résultats des expériences montrent d'une façon concluante que la rigidité diélectrique est plus grande avec les petites électrodes qu'avec les grandes. Cela doit être vrai de tous les diélectriques, solides, liquides ou gazeux, quoique les variations de rigidité diffèrent beaucoup d'une matière à une autre. Les essais montrent la nécessité de codifier les épreuves à faire subir aux isolants, surtout quand ceux-ci se présentent sous forme de feuilles ou de lames. Il ne semble pas probable que la rigidité d'un isolant, dans toutes les circonstances où il sera utilisé, puisse être prédite exactement, mais on peut au moins s'entendre sur des méthodes d'épreuve de rigidité des matériaux isolants, épreuves dont la valeur serait également connue du fabricant, de l'acheteur et de celui qui emploie la matière.

**Discussion des Communications sur les « Sous-stations automatiques »** (SUMMERHAYES), **sur les « Sous-stations de convertisseurs installées dans les sous-sols »** (JAMIESON) **et sur la « Conduite des groupes changeurs de fréquence »** (FUNK) <sup>(1)</sup> (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, décembre 1913).

Au cours de la discussion de la Communication de M. Summerhayes, différents dispositifs de sécurité ont été proposés ou critiqués. M. F. D. NEWBURY a fait observer que le démarrage du convertisseur synchrone sous la tension totale simplifierait la sous-station. M. S. D. SPRONG dit que les dispositifs automatiques propres à protéger la machinerie ont le tort d'interrompre parfois longuement le service d'une façon intempestive et qu'un surveillant ne grèverait les frais que de quelques millièmes du prix de vente de l'énergie. M. H. R. SUMMERHAYES en réponse à une question posée a émis l'opinion que le démarrage automatique des grosses machines est probablement plus aisé que celui des petites.

La discussion sur la Communication du M. JAMIESON a surtout porté sur le refroidissement et le nettoyage de l'air des sous-stations décrites. Si la température s'élève à 40° ou 45°, la marge pour atteindre la température maxima admissible dans les machines est vite dépassée et l'on est alors conduit à les utiliser à un régime peu économique. Les filtres à écrans pour débarrasser l'air des poussières s'encrassent trop vite et nuisent alors à la ventilation même. Un dispositif excellent mais encombrant consiste à nettoyer l'air par des jets d'eau.

La discussion (très courte) de la Communication de M. FUNK a porté sur l'emploi de pressions d'huile dans les paliers pour faciliter le démarrage des machines.

**Discussion de la Communication** (de M. William Mc CLELLAN) **sur « La profession d'ingénieur »** <sup>(2)</sup> (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, décembre 1913).

M. C. O. MAILLOUX souhaite que le Bureau de l'American Institute of Electrical Engi-

---

<sup>(1)</sup> Analysées dans le présent *Bulletin*, janvier 1914, p. 103 et 110; février 1914, p. 261.

<sup>(2)</sup> Analysée dans le présent *Bulletin*, janvier 1914, p. 106.

neers mette à exécution sans retard la proposition de M. Mc Clellan en faisant des ouvertures dans ce sens aux autres sociétés américaines d'ingénieurs. M. Oberlin SMITH redoute l'esprit de clan de certaines puissantes sociétés et spécialement de l'American Society of Civil Engineers; mais il croit que, pour faire un pas vers la fusion, les conseils des différentes sociétés devraient s'attacher à avoir des membres communs. L'orateur pense qu'une société analogue à celle qui a été proposée pourrait acquérir une influence morale et même politique salubre. M. D. B. RUSHMORE déclare qu'il faut maintenir une distinction nette entre le savant et l'ingénieur, qu'il y a lieu d'engager une lutte sans relâche contre les diplômes d'État et insiste pour que ce soit le rang occupé par les ingénieurs dans leurs associations qui serve à les coter au point de vue de la valeur professionnelle; cela entraînerait d'ailleurs une révision des grades des membres et une refonte des conditions d'admission dans les sociétés en question. M. D. C. JACKSON désire voir accueillir par les sociétés d'ingénieurs les savants, les directeurs d'entreprises, les administrateurs de sociétés qui, sans être eux-mêmes des ingénieurs, sont néanmoins mêlés à la vie industrielle. En somme, la proposition de M. Mc Clellan a été envisagée très favorablement par tous les orateurs et même louée avec enthousiasme par certains.

**Discussion des « Recherches expérimentales sur une ligne téléphonique artificielle »** (par MM. A. E. KENNELLY et F. W. LIEBERKNECHT) **et de « L'automatisme dans la téléphonie à longue distance »** (par MM. H. M. FRIENDLY et A. E. BURNS) <sup>(1)</sup> (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, décembre 1913).

Des développements mathématiques relatifs à la question traitée par MM. Kennelly et Lieberknecht ont été apportés par différents orateurs. M. D. C. JACKSON a fait observer que la longueur des lignes de transmission de force futures obligera sans doute à leur appliquer les mêmes méthodes de calcul qu'aux lignes téléphoniques.

Au cours de la discussion de la Communication de MM. Friendly et Burns, on a émis la crainte que le grand nombre des commutations des circuits automatiques, produisant des bruits d'encliquetage, ne troublât les abonnés dans leurs communications.

**Discussion de la Communication** (de M. FAIR) **sur « L'électrification des ateliers »** <sup>(2)</sup> (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, février 1914).

Au cours de cette discussion, on a fait observer que la conduite individuelle des machines-outils par des moteurs électriques grevait beaucoup le compte de premier établissement, mais que cependant cette pratique devenait générale en Europe malgré la circonspection des Européens à l'égard des modifications nouvelles et de leur prudence en tout ce qui touche les capitaux à engager et l'amortissement de l'outillage.

**Discussion des Communications sur « La rigidité diélectrique de l'air »** (par MM. WHITEHEAD et FITCH), **sur « L'effluve positive et l'effluve négative dans la précipitation électrique »** (par M. STRONG), **sur « la rigidité diélectrique de l'air »** (par M. PEEK),

---

<sup>(1)</sup> Analysées dans le présent *Bulletin*, janvier 1914, p. 104 et 106.

<sup>(2)</sup> Analysée dans le présent *Bulletin*, janvier 1914, p. 109.

sur l'« Étude oscillographique de l'effluve » (par M. BENNETT) <sup>(1)</sup> (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, décembre 1913).

Au cours de la discussion de ces Communications, la possibilité de mesurer les hautes tensions au moyen de l'effluve a été examinée par plusieurs orateurs. L'éclatement de l'étincelle entre pointes est un procédé peu sûr, car les aigrettes qui se forment modifient l'atmosphère ambiante, en la rendant conductrice et en condensant la vapeur d'eau; l'emploi des sphères est préférable, mais il semble que celui d'une tige polie dans un cylindre donne les résultats les plus certains. Comme l'apparition des effluves dépend du diamètre de la tige, il faut posséder un jeu de tiges pour faire des mesures; en outre, les pièces doivent être parfaitement polies et propres pour donner des résultats précis, des études sont d'ailleurs actuellement poursuivies pour déterminer l'influence de l'état des surfaces. M. F.-W. PEEK jr. ajoute quelques précisions à ce qu'il a dit des relations entre la fréquence et les pertes. On peut mettre celles-ci sous la forme  $p = k(f + a)(e - e_0)^2$  kw par kilomètre de circuit où  $f$  est la fréquence; à la fréquence 0 (courant continu), la formule devient :  $p = k.a.(e - e_0)^2$  et, si  $f$  est relativement grand,  $p = k.f.(e - e_0)^2$ . A 60 périodes, cette dernière formule est suffisante pour la pratique courante, car la constante  $a$  est faible. En vérité, la perte sous une tension continue est plus grande que ne l'indique la formule; l'auteur attribue ce fait à une dépense d'énergie nécessaire pour amener l'air à l'état conducteur; à l'appui de cette observation, il cite des mesures qu'il a fait montrant que si l'air est renouvelé autour d'un conducteur soumis à un haut potentiel, la puissance perdue par effluves est augmentée. M. Alan E. FLOWER fait observer que l'apparition et la disparition de l'état d'ionisation de l'air se produisent avec une très grande rapidité; il cite à l'appui de son assertion des relevés oscillographiques au tube de Braun faits par un autre auteur qui permettent de déterminer le potentiel entre deux sphères lors d'une décharge oscillante à la fréquence 2 000 000. L'orateur en conclut que la mesure des tensions par éclatement d'étincelles entre sphères n'est pas influencée par la fréquence. Répondant à un de ses interlocuteurs qui proposait l'emploi du galvanomètre à corde pour éviter d'introduire un transformateur de courant, M. E. BENNETT fait remarquer que la résistance de son transformateur n'est que de 20 000 ohms et que la capacité formée par le fil et le cylindre concentrique représente 90 mégohms : les erreurs qui résultent de l'emploi du transformateur sont donc négligeables; d'autre part, la fréquence propre du galvanomètre à corde est trop faible. M. John B. WHITEHEAD critique la conception de M. Peek d'après laquelle l'énergie électrostatique s'accumulerait à mesure que la tension augmente au voisinage des conducteurs jusqu'à un certain point de saturation au delà duquel le milieu ne pourrait plus accumuler d'énergie. M. PEEK, sans donner de preuve de l'existence objective de cette zone, fait valoir que cette hypothèse l'a conduit à des résultats intéressants. M. Alan FLOWER, à la demande de M. John B. WHITEHEAD explique le dispositif expérimental permettant de relever des courbes de très haute fréquence en se servant d'un tube de Braun comme oscillographe.

**Les réactances de protection dans les grandes stations centrales**, par James LYMAN, Allen M. ROOSMAN et Leslie L. PERRY (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, février 1914).

La concentration d'une grande puissance sur les barres-omnibus d'une seule station

(1) Analysées dans le présent *Bulletin*, respectivement en novembre 1913, p. 974; décembre 1913, p. 1028; janvier 1914, p. 107.

centrale exige qu'on se mette en garde contre des courants de court-circuit exagérés. Les bobines de réactance peuvent être employées de différentes manières pour limiter le courant instantané. Les réactances placées sur les génératrices protègent bien celles-ci, mais ne sont pas efficaces pour limiter l'afflux de courant vers un court-circuit. Les réactances sectionnant les barres-omnibus sont moins encombrantes et moins coûteuses que les réactances pour génératrices; elles sont en outre plus efficaces pour modérer les afflux de courant et ont l'avantage de limiter à une, ou en tous cas à un petit nombre de sections des barres-omnibus, les effets d'un accident. En revanche, elles présentent l'inconvénient de donner une tension inégale aux différents points des barres-omnibus dès qu'un courant de circulation notable s'y produit. L'idéal pour les réactances de barres-omnibus serait de donner le maximum de sécurité en cas de surcharge, mais, le minimum des différences de tensions dans les conditions normales du service. Les barres simples ou doubles donnent à ces deux points de vue les résultats les moins bons, l'emploi de barres en boucles simples ou doubles est préférable; enfin les auteurs préconisent de shunter les barres en boucle par des barres sans réactance annulant les selfs inutiles lorsque toutes les génératrices ne sont pas en service. Les auteurs donnent de nombreux schémas de montage et discutent les avantages des différents dispositifs en se servant de diagrammes. La Communication se termine par des observations sur les bobines de réactance placées sur les feeders. Elles sont très efficaces pour limiter et circonscrire les effets des courts-circuits.

**Les sources de courant continu pour l'électrochimie, par F. D. NEWBURY**

(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, janvier 1914).

L'auteur expose les problèmes de la production du courant continu pour l'électrolyse et en souligne les difficultés : gros courants à recueillir sur les collecteurs et à transporter aux points d'utilisation.

Qu'on produise le courant par dynamos ou par convertisseurs synchrones, ces difficultés restent les mêmes et, dans le dernier cas, il y en a une de plus qui est de faire varier la tension à volonté : l'emploi d'un survolteur-dévolteur synchrone semble alors la meilleure solution. La commutation des machines destinées à l'électrolyse doit être étudiée avec prudence; telle machine qui, à ce point de vue, serait excellente pour alimenter un réseau de force motrice ou de lumière où la charge est très variable, pourra fournir un très mauvais service dans les travaux d'électrolyse où la charge est à peu près constante; cela tient à ce que dans le premier cas, le collecteur pouvait se nettoyer et se repolir tout seul pendant les périodes peu chargées, ce qu'il ne peut faire dans le second.

Si l'on fait usage comme moteur primaire d'une turbine à vapeur, quatre cas principaux peuvent se présenter :

1<sup>o</sup> La turbine attaque directement une génératrice à collecteur : cette solution n'est admissible que pour les petites unités; pour les grosses unités, il faudrait sacrifier soit le bon rendement de la turbine, soit le bon rendement de la dynamo; en outre, les difficultés de la commutation seraient extrêmes.

2<sup>o</sup> La turbine attaque un générateur unipolaire : on n'a pas pu recueillir d'une façon satisfaisante de gros courants sur ces machines. On a réussi à en faire quelques-unes d'un bon rendement, mais leur prix, ainsi que leurs frais d'entretien, sont très élevés.

3<sup>o</sup> La turbine entraîne par engrenage une dynamo d'un modèle courant; cette solution, rendue possible par les perfectionnements récents des engrenages pour grandes puissances, est satisfaisante.

4° La turbine attaque une génératrice à courant alternatif alimentant un convertisseur. Il semble que cette solution soit la meilleure : elle est économique, pratique et souple. Elle convient particulièrement bien au cas des grosses unités et des transmissions à distance.

Dans le cas où l'on dispose d'énergie hydraulique, on peut accoupler directement aux turbines des dynamos à courant continu ou des alternateurs; dans les cas très nombreux où l'énergie électrique doit être transportée, la seconde solution est la plus avantageuse.

Avec les machines à piston, il n'y a pas d'autre solution à envisager que l'emploi de la génératrice à vitesse lente. L'auteur ne s'étend pas sur ce dernier cas devenu très rare en Amérique, mais il a fait observer au début de sa Communication que le développement rapide, en Europe, des moteurs Diesel devrait attirer l'attention des ingénieurs américains.

**L'instabilité dans les circuits électriques**, par Charles P. STEINMETZ  
(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, janvier 1914).

Cette Communication débute par un essai de classification des cas d'instabilité dans les circuits électriques. Ces cas se partagent en trois groupes :

1° Les états transitoires pendant lesquels la tension et le courant prennent les valeurs correspondant à un nouvel état du circuit. Leur étude est rendue difficile par le fait que, le plus souvent, les résistances, les inductances, les capacités et les fuites ne peuvent pas être tenues pour constantes. Ces phénomènes sont en général de peu de durée, mais leur amortissement peut parfois devenir nul ou négatif, ce qui donne naissance à des phénomènes du deuxième ou du troisième groupe.

2° Les équilibres électriques instables dus à ce que l'effet contribue à accroître la cause qui l'a produit. Les exemples de ce cas sont courants : arc électrique sous potentiel constant, pyro-électrolytes (filament de la lampe Nernst, par exemple), arrêt du moteur d'induction sous certaines conditions de charge.

3° Les instabilités permanentes résultant d'une combinaison de circuits constants qui ne peuvent pas coexister. L'auteur cite comme exemple la mise à la terre par un arc d'une ligne de transmission, le pompage des moteurs synchrones et les phénomènes d'oscillations permanentes ou croissantes. Il montre que de tels phénomènes exigent un apport d'énergie résultant d'un retard de l'effet par rapport à la cause (sorte de cycle hystérétique), et fréquemment comportent une transformation de fréquence.

Le phénomène du pompage des machines synchrones et la manière dont la station centrale fournit l'énergie nécessaire au maintien ou à l'amplification du pompage sont expliqués comme exemple du caractère général des phénomènes en question.

**Les sous-stations en plein air comparées aux sous-stations encloses**,  
par Alexander MACOMBER (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, février 1914).

Le développement des sous-stations en plein air est une preuve des progrès de la technique électrique et de sa souplesse à s'adapter à de nouvelles conditions d'exploitation. Ce sujet est brièvement résumé dans cette Communication en même temps que le développement et les applications de ces sous-stations.

L'auteur indique les causes de leur succès et donne une description générale de l'appareillage qui les compose; il montre que la sous-station en plein air n'a pas le même but que la sous-station enclose et indique les tendances qui se dessinent pour l'avenir; il met en balance les avantages et les inconvénients des deux types de sous-stations. Les avan-



tages principaux de l'installation extérieure sont : la simplicité, les frais peu élevés de premier établissement, la facilité d'agrandissement, les faibles risques d'incendie. Les inconvénients les plus notables sont : les réparations assez nombreuses, les risques de mauvais fonctionnement, le danger pour le public, l'aspect inesthétique.

En somme, le matériel étudié pour répondre aux conditions sévères des sous-stations en plein air a rempli son rôle avec succès depuis plusieurs années déjà. Les transformateurs extérieurs actuellement installés ou en cours d'installation représentent 300 000 kv-a. On peut envisager l'emploi d'installations du même genre dans les stations centrales elles-mêmes.

**Les sous-stations en Pensylvanie, par H. L. FULLERTON**

(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, février 1914).

Cette Communication traite de plusieurs questions importantes dans l'étude des sous-stations destinées à abaisser la tension : choix du local, type des bâtiments, appareillage et dispositions générales. Le sujet est traité en trois parties : 1<sup>o</sup> sous-stations de clients alimentées par un réseau de distribution; 2<sup>o</sup> sous-stations de clients alimentées par une ligne de transmission; 3<sup>o</sup> sous-stations de réseau. L'auteur examine particulièrement les avantages comparés du type intérieur ou en plein air pour chacun des cas; il souligne les circonstances à prendre en considération dans le choix des locaux pour sous-stations et décrit plusieurs types de bâtiments, spécialement un local fait de plaques de béton. Il donne plusieurs schémas de tableaux à haute tension, des coupes de bâtiments, et quelques brefs détails sur les méthodes de construction des tableaux cellulaires. Cette Communication est accompagnée d'illustrations intéressantes.

**Les sous-stations en plein air en Nouvelle-Angleterre, par Fred L. HUNT**

(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, février 1914).

L'auteur décrit deux sous-stations à très hautes tensions récemment mises en exploitation. Leur capacité finale sera de 10 000 kv-a.

L'appareillage à haute tension (66 000 volts) et les transformateurs sont extérieurs tandis que l'appareillage à basse tension (13 200 volts et 2300 volts) ainsi que les moteurs-générateurs fournissant l'énergie pour la traction sont à l'intérieur. Cet arrangement repose sur les trois règles suivantes qui, dans le cas considéré, ont prouvé leur excellence :

1<sup>o</sup> On économise de très fortes sommes sur les immeubles en mettant à l'extérieur tout ce qui est à haute tension;

2<sup>o</sup> Sous le climat de la Nouvelle-Angleterre les interrupteurs, les parafoudres et les transformateurs fonctionnent bien au voisinage de 66 000 volts;

3<sup>o</sup> Les tableaux de distribution, de contrôle et le matériel convertisseur pour la traction ne peuvent pas, vu leur mode actuel de construction, être placés à l'extérieur.

**Les sous-stations en plein air dans l'Ouest moyen, par Leslie L. PERRY**

(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, février 1914).

Les conditions spéciales de cette région qui est surtout agricole : éloignement des différents centres, exploitations isolées, ont rendu nécessaire la création de petites sous-stations

pour 33 000 volts en plein air. Ces sous-stations ont été construites avec la plus grande simplicité possible tout en assurant la sécurité de la ligne principale. Leur exploitation a été couronnée de succès et elles rendent les plus grands services. Toutefois elles demandent à être un peu mieux protégées contre les surcharges et contre la foudre. Cette Communication, comme la précédente, est accompagnée de belles illustrations.

**Les câbles téléphoniques à grande portée, et en particulier le câble téléphonique Berlin-Cologne, par M. le Professeur BREISIG (*Electrotechn. Verein*, 10 mars 1914).**

La supériorité de la téléphonie par câble sur la téléphonie par ligne aérienne consiste surtout en ce qu'elle ne dépend plus des perturbations atmosphériques et des influences dues aux lignes voisines parcourues par de forts courants. Par contre, la haute capacité du câble, qui produit un amortissement important des courants téléphoniques, entraîne certaines difficultés. L'influence nuisible de la capacité peut en majeure partie être supprimée par l'intercalation de bobines d'induction du système Pupin; mais, d'autre part, la résistance totale de la ligne est augmentée par les bobines Pupin, si bien que certaines limites sont imposées à la téléphonie par câble. Le conférencier a indiqué en détail la manière de calculer les constantes d'amortissement et il a indiqué les valeurs limites auxquelles on peut encore obtenir une bonne compréhension, puis il a traité avec plus de détails le cas du câble téléphonique Berlin-Cologne posé par l'administration postale de l'Empire et dont le tronçon Berlin-Magdebourg est maintenant achevé. Des câbles téléphoniques de cette longueur n'existent jusqu'ici qu'isolément (en Amérique) et en raison des dépenses extraordinaires on a dû procéder avec un soin particulier au calcul de tous les détails. Le conférencier a décrit les calculs et la construction du câble et a comparé les évaluations anticipées avec les résultats obtenus par les mesures.

**Fabrication et pose du câble téléphonique Berlin-Magdebourg, par M. le Dr EBELING (*Electrotechn. Verein*, 10 mars 1914).**

Le conférencier a décrit d'une façon particulièrement détaillée, en s'aidant de nombreuses projections, la pose du câble Berlin-Magdebourg. Le déchargement des lourds tambours de câbles et leur transport depuis les stations de chemin de fer jusqu'au lieu de pose a offert souvent des difficultés considérables qui ont été surmontées avec succès grâce à l'emploi d'un puissant camion automobile. Le conférencier a ensuite décrit la construction des différentes parties de l'armature, surtout du logement des bobines Pupin, des boîtes de distribution et des bornes d'essai nécessaires. Pour conclure, il a donné quelques indications de chiffres vraiment intéressantes concernant la quantité de matériaux employés, etc.

**Instruments de profil à échelle droite, par M. le Dr KEINATH (*Electrotechn. Verein*, 10 mars 1914).**

Le conférencier a décrit à l'aide de modèles et de projections lumineuses la construction des instruments de profil avec échelle rectiligne de la Maison Siemens et Halske. Dans ces

instruments l'aiguille de l'instrument n'est pas, comme d'ordinaire, directement rattachée à la bobine rotative, mais un mécanisme directeur est intercalé qui fait que la pointe de l'aiguille exécute un mouvement en ligne droite.

**L'art de s'éclairer logiquement, par M. R. CHASSERIAUD**

*(Société Belge d'électriciens, 21 mars 1914).*

La question de l'éclairage est sortie de l'empirisme pour devenir matière à science et à théories. Cette évolution est due à l'industrie ; l'éclairage des ateliers est un facteur essentiel du rendement des exploitations, de la sécurité et de l'hygiène des ouvriers ; cette troisième considération a, grâce à l'intervention des médecins et des physiologistes, attiré enfin l'attention du grand public.

Pareille transformation suppose que la lumière peut, de par sa nature physique, être soumise à des mesures ; c'est ce qui a lieu, en effet. Les lois photométriques ou lois de Lambert, mises en œuvre par l'ingénieur, lui servent à établir les bases d'un projet d'éclairage. Des expériences systématiques lui fournissent les données numériques caractérisant chaque installation d'éclairage : nombre de lux à obtenir dans chaque cas, consommation d'énergie, nature et répartition des foyers lumineux.

Le luxmètre Blondel est décrit.

D'autre part, les foyers lumineux, de plus en plus éclatants eux-mêmes, ne sont pas toujours adaptés naturellement à leur mission. Il faut pouvoir modifier, avec un minimum de déperdition, la courbe de distribution de leur intensité lumineuse. C'est le rôle des réflecteurs et diffuseurs rationnels, notamment de ceux du type Holophane, dont le principe a été exposé dès 1892 par A. Blondel et Psarondaki.

Un énoncé est donné des résultats expérimentaux récents, relatifs aux nouvelles lampes au tungstène dans l'azote.



## BIBLIOGRAPHIE.

---

**Les grandes industries françaises**, Ouvrage publié par la Revue *Finance-Univers*.  
Paris, Félix Alcan; 1 vol., 190 pages.

Cet Ouvrage se compose de trois Mémoires très intéressants :

*L'industrie métallurgique*, par Robert PINOT.

*L'industrie électrique*, par P. ESCHWÈGE et L. LEGOUÉZ.

*L'industrie houillère*, par H. DE PEYERIMHOFF.

Le premier décrit le développement tout à fait remarquable de la métallurgie française et principalement du bassin lorrain pendant le dernier quart de siècle ainsi que les luttes entreprises par nos métallurgistes, pour la conquête du marché mondial, en dépit des difficultés créées par la pénurie de charbon de notre sous-sol.

Le second Mémoire, après avoir constaté le développement tardif, vis-à-vis de celui de l'Amérique et de l'Allemagne, de l'industrie électrique en France, nous renseigne d'après des statistiques récentes (1911) sur son état actuel. Nous y apprenons qu'aujourd'hui, contrairement à une opinion généralement répandue, nous ne sommes que très faiblement tributaires de la fabrication étrangère, que les capitaux français engagés dans les industries électriques atteignent environ 1600 millions dont 1107 millions dans des entreprises françaises (800 millions pour la production et la distribution de l'électricité), quoique les entreprises électriques ne soient qu'à leur début.

Le troisième Mémoire expose l'état en somme prospère de l'industrie houillère en France, malgré les charges qui pèsent de plus en plus sur elle et malgré la distribution malencontreuse de nos houillères. Il contient une intéressante comparaison entre les méthodes de gestion des mines de Lens et celles de la Harpener Bergbau Aktien Gesellschaft.

Ces trois Mémoires bien documentés sont pleins d'un optimisme très flatteur pour notre orgueil national; tous trois sont d'accord pour faire l'apologie de la concentration industrielle et de l'entente des producteurs.

**Les machines à vapeur**, par le Commandant F. CORDIER (*Encyclopédie scientifique*).  
1 vol. 380 pages. — Paris, O. Doin et fils.

Cet Ouvrage est exclusivement consacré à la machine à vapeur à piston, les turbines à vapeur étant traitées par le même auteur dans un autre Ouvrage de la même collection ainsi que la question des chaudières et des condenseurs. Un rappel succinct et fort clair des premiers principes de la Thermodynamique sert d'introduction; il est suivi de l'étude du cycle décrit par la vapeur dans les machines, des diverses pertes d'énergie, puis des cycles dans les machines polycylindriques. La question de la surchauffe est discutée au cours de ces Chapitres. Vient ensuite une description des organes de distribution, depuis le tiroir jusqu'aux plus récents systèmes. La régulation est traitée d'une façon assez étendue eu égard au format de l'Ouvrage. Après une revue des dispositions générales des machines

récentes, l'auteur termine par un Chapitre sur les épreuves des machines à vapeur. Cet Ouvrage clair et compact, sans être un traité de construction ou de conduite des machines à vapeur, contient à peu près tout ce qu'il y a d'essentiel à savoir à leur endroit.

**Appareillage d'interruption**, par L. BARBILLION et E. POIRSON  
(*Encyclopédie électrotechnique*), 1 vol. 141 pages. — Paris, L. Geisler.

Les auteurs, après un rapide aperçu sur le petit appareillage et sur le moyen et gros appareillage à basse ou moyenne tension, traitent en détail du gros appareillage de station centrale et de ligne : interrupteurs, sectionneurs, disjoncteurs, relais. Les grands interrupteurs modernes à huile, capables de couper plusieurs milliers de kilowatts sous 60 ou 100 000 volts, sont décrits. L'Ouvrage semble s'adresser aux exploitants plutôt qu'aux constructeurs : les conditions d'emploi des appareils y sont plus développées que les détails de leur construction. Il sera donc lu avec fruit par quiconque s'intéresse aux centrales électriques et à l'exploitation des grands réseaux.

**Les canalisations isolées** (Conférences faites à l'École supérieure d'Électricité),  
par J. GROSSELIN. 1 vol. 94 pages. — Paris, Gauthier-Villars.

L'auteur a simplement pour objectif de donner un aperçu des canalisations souterraines et des conditions techniques qu'il est utile d'imposer pour leur réception. Les conférences si substantielles que fait M. Grosselin à l'École supérieure d'Électricité sont connues d'un grand nombre de nos confrères, aussi est-il superflu de louer plus avant ce petit Ouvrage.

**Prüfung in elektrischen Zentralen**, von Dr. Phil. E. W. LEHMANN-RICHTER. — Erster Teil. —  
Druck und Verlag von Friedr. Wieweg und Sohn; Braunschweig, 1913; 1 vol. in-8°  
(figures et planches hors texte).

La deuxième édition de ce volume a été revue et considérablement augmentée, surtout en ce qui concerne l'utilisation des vapeurs d'échappement des machines à vapeur, les turbines à prise de vapeur pour le chauffage, les moteurs à gaz de hauts fourneaux, les moteurs Diesel, les pompes.

Des compléments pratiques relatifs aux chaudières à haute pression, aux conduites d'alimentation, aux centrales suburbaines, aux transports de force sont venus s'ajouter à la première édition.

On trouve des renseignements sur l'éclairage en général, la photométrie et plus spécialement sur l'emploi et la construction des lampes à arc. Les installations pour rayons X et ozone ont été longuement étudiées.

En résumé, l'auteur traite plus particulièrement des essais de chaudières, de machines à vapeur, de turbines, de moteurs à gaz, de moteurs à courant continu et à courant alternatif, de transformateurs, d'accumulateurs, en indiquant les procédés généraux pour arriver au résultat, et il applique ces procédés à de nombreux exemples.

Ce Livre s'adresse aux étudiants des universités, aux ingénieurs, ainsi qu'aux industriels; la lecture en est facile grâce à de nombreux tableaux et schémas.



## LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

---

La Bibliothèque est ouverte aux Membres de la Société, tous les jours  
de 3 heures à 6 heures, excepté les dimanches et jours de fêtes,  
12, rue de Staël.

---

### France.

- Étude des isolateurs à haute tension (au-dessus de 5000 volts)*, par MARTIN-SAXTON. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 brochure in-4°. (Extrait de *La Revue électrique*) (Don de l'auteur.)
- Formulaire du candidat ingénieur*, par Maurice PERCHERON. 2<sup>e</sup> édition. Paris, Dunot et Pinat, 1914; un carnet de poche in-32, relié cuir souple. (Don des éditeurs.)
- Grandes (Les) Industries françaises. L'industrie métallurgique*, par Robert PINOT. — *L'Industrie électrique*, par P. ESCHWÈGE et R. LEGOUÉZ. — *L'Industrie houillère*, par H. de PEYERIMHOFF. Paris, F. Alcan et *Finance-Univers* 1913; 1 vol. in-8, broché. (Don de M. Eschwège.)
- Guide élémentaire du monteur électricien*, par VON GAISBERG. Traduit sur la 45<sup>e</sup> édition allemande par E. BOISTEL. Paris, Dunot et Pinat, 1914; 1 vol. in-8, broché. (Don des éditeurs.)
- Lumière (La) électrique et ses différentes applications au théâtre; Installations et entretien*, par V. TRUDELLE. Paris, Dunot et Pinat, 1914; 1 vol. in-8, broché. (Don des éditeurs.)
- 

### IL Y A TRENTE ANS.

*Avril 1884.* — Transport de l'énergie : les vérités acquises, par M. G. CABANELLAS. — Rapport du D<sup>r</sup> HOPKINSON sur le rendement des générateurs secondaires Gaulard et Gibbs.

---

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

# ÉLECTRICIENS.

---

## SOMMAIRE.

Compte rendu de la réunion mensuelle du 6 mai 1914 : Admission de membres titulaires, p. 433. — Membres décédés, p. 434. — Travaux des Sections, p. 434. — Sur l'étincelle oscillante comme source économique de rayons ultraviolets ; applications (M. le Professeur Dr **J. de Kowalski**), p. 437. — Les usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité (M. **Imbs**), p. 451. CORRESPONDANCE, p. 504. INFORMATIONS : Congrès international de San-Francisco, p. 506. — Remises accordées par les libraires, p. 509. RÉSUMÉ DES COMMUNICATIONS ÉTRANGÈRES, p. 510. BIBLIOGRAPHIE, p. 522. OUVRAGES OFFERTS, p. 526. IL Y A 30 ANS, p. 527.

---

## COMPTE RENDU

DE LA

## RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 6 mai 1914 <sup>(1)</sup>.

---

PRÉSIDENCE DE M. E. BRYLINSKI.

La séance est ouverte à 20 h 40 m.

Le procès-verbal de l'Assemblée générale et de la réunion mensuelle d'avril est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts (voir p. 526) et des demandes d'admission suivantes :

---

(<sup>1</sup>) La Société n'est pas solidaire des questions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

- Bocquet** (Émile-Louis), Inspecteur des Services techniques de l'Exploitation des Chemins de fer P.-L.-M., 20, boulevard Diderot, à Paris. — Présenté par MM. Iliovici et L. Joly.
- Bruder** (Philippe), Directeur de l'Usine de la Lampe Osram, 37, rue de Chartres, à Neuilly-sur-Seine (Seine). — Présenté par MM. Brylinski et Laporte.
- Girardeau** (Émile-Fernand-Eugène), Administrateur-Délégué de la Société française radio-électrique et de la Société d'Électricité *Radios*, 47, rue Desrenaudes, à Paris. — Présenté par MM. de Valbreuze et Bethenod.
- Grandjean** (Paul), Directeur général de la Compagnie générale d'Entreprises électriques, 83, rue de la Victoire, à Paris. Présenté par MM. E. Dumont et Delon.
- Haurez** (Charles), Ingénieur à la Société Alsacienne de Constructions mécaniques, 24, rue Stractman, à Belfort (territoire de Belfort). — Présenté par MM. Chalbos et Robert.
- Jacquier** (Francis), Ingénieur à la Compagnie générale d'Entreprises électriques, 427, avenue de Saxe prolongée, à Lyon (Rhône). — Présenté par MM. E. Dumont et Delon.
- Quillatre** (Henri-Jean), Ingénieur à la Compagnie française Thomson-Houston, 10, rue Fourcade, à Paris. — Présenté par MM. Girault et Gomonet.
- Vanel** (Paul), Ingénieur à la Société française des Câbles électriques, 47, rue Cuvier, à Lyon (Rhône). — Présenté par MM. E. Dumont et Sorlin.

Ces candidats sont élus membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le PRÉSIDENT fait part du décès de MM. *Cosserat, Ch. Jacquin, Piat et Riollé*; il en exprime les regrets de la Société.

M. le PRÉSIDENT parle du programme du voyage à Lyon et rend compte des travaux des Sections. Il donne en outre sur les Sections les renseignements complémentaires suivants :

« Le Bureau a pensé qu'il était utile de charger les vice-présidents d'organiser dans leurs Sections des séances de mise au point des grandes questions à l'ordre du jour. Ces séances sont ouvertes à tous ceux des membres de la Société qui le voudront; elles auront lieu 14, rue de Staël. Des conférenciers feront chacun une conférence par an sur un sujet qu'ils tiendront ainsi à jour. Ceux qui suivront ces conférences seront donc mis au courant des questions fondamentales avec une perte de temps réduite au minimum, et seront aisément renseignés même sur les publications faites dans les langues étrangères.

» En particulier, à la sixième Section, M. Parmentier fera



le 25 mai à 17 h 30 m une conférence sur la Radioactivité. Dans la suite M. Jouaust en fera une sur le Magnétisme, M. Helitas, sur les Méthodes et Instruments de mesures pour le courant alternatif, M. Ilievici, sur les Compteurs.

» Dans la quatrième Section, MM. Mazen, Parodi, Gratzmuller ont accepté de présenter un certain nombre de questions à l'ordre du jour concernant la traction en courant alternatif et continu haute tension.

» Dans la cinquième Section, MM. Milon et Cahen préparent des conférences sur la téléphonie automatique et la pupinisation.

» Les autres Sections ne restent pas non plus inactives et nous annoncerons les conférences projetées dès que les vice-présidents seront fixés à cet égard. »

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.



**L'ÉTINCELLE OSCILLANTE COMME SOURCE ÉCONOMIQUE DE RAYONS ULTRAVIOLETS,  
AVEC QUELQUES APPLICATIONS.**

M. le Professeur Dr J. DE KOWALSKI. — « Après le magistral exposé que M. D. Berthelot fit ici même, il y a environ une année, sur les propriétés des rayons ultraviolets, nous nous croyons dispensés de longs préambules et l'on voudra bien nous permettre d'entrer de suite en matière, en parlant des quelques recherches auxquelles nous nous sommes livrés pour utiliser l'étincelle d'une décharge électrique oscillante comme source économique de rayons ultraviolets.

» En fait de sources donnant ces rayons et en particulier ceux de l'*ultraviolet moyen*, dont on fait usage dans la stérilisation et dans les réactions photochimiques, on ne s'est pratiquement servi jusqu'ici que des lampes à vapeur de mercure munies d'électrodes. Des expériences scientifiques ont été tentées, il est vrai, où l'on essayait de faire agir les rayons émis par diverses sources sur des substances renfermées dans des vases de quartz. On employait comme sources : l'arc au fer, l'arc au charbon, l'étincelle entre électrodes de magnésium, de zinc, d'aluminium, de fer, de cadmium, etc.; mais ces essais n'ont pas donné de bons résultats, le rendement de l'*ultraviolet moyen* (qui intéresse surtout la stérilisation) était mauvais.

» Le Dr A. Pflüger, de Bonn, a établi en 1904 <sup>(1)</sup> que les spectres d'étincelles des métaux peuvent émettre certaines raies, comme par exemple les raies de courte longueur d'onde de l'aluminium, qui possèdent une grande énergie ultraviolette.

» Le dispositif dont se servit M. Pflüger était très compliqué et peu économique comme rendement; on pouvait cependant prévoir que, par des modifications convenables, dans les installations électriques, l'étincelle oscillante pourrait devenir une source d'ultra-

---

(1) A. PFLÜGER, *Ann. Phys.*, t. XIII, p. 890.

violet moyen qui présenterait un intérêt industriel. Lenard <sup>(1)</sup> s'est servi ces temps derniers, pour obtenir dans l'extrême ultra-violet des effets très puissants, d'une étincelle oscillante éclatant entre électrodes d'aluminium. A la page 11 de son exposé, il décrit son installation comme donnant un mauvais rendement : « Die » *Ausnutzung der Primär-energie ist eine recht ungünstige* ». (Le rendement de l'énergie mise en jeu dans le circuit primaire est très peu économique.) Ceci n'avait du reste pas grande importance, étant donné que l'installation était destinée à des recherches purement scientifiques.

» Il existe entre les recherches de Lenard et de Pflüger une contradiction apparente : tandis que Lenard <sup>(2)</sup> trouve un accroissement de l'énergie dans l'extrême ultraviolet au fur et à mesure qu'il augmente le nombre de bouteilles de Leyde dans le circuit d'oscillation, Pflüger <sup>(3)</sup> trouve, au contraire, que cette catégorie de rayons possède un maximum pour une capacité relativement faible.

» Cette contradiction sert de point de départ à nos recherches. Les travaux de M. Hemsalech sur l'étincelle <sup>(4)</sup>, ceux de MM. Hemsalech et C. Tissot <sup>(5)</sup>, de MM. Hemsalech et de Watteville <sup>(6)</sup>; les études spectroscopiques de M. de Kowalski <sup>(7)</sup>, de P. Joye <sup>(8)</sup>, ont établi que le nombre de lignes spectrales ne dépendait pas seulement de la capacité et de la self-induction, mais qu'il dépendait encore des autres conditions du circuit d'oscillation.

» Nous avons donc pensé qu'en faisant varier les conditions électriques de ce circuit, on pourrait ainsi influencer sur l'énergie rayonnante de façon déterminée dans les diverses régions de l'ultra-

---

<sup>(1)</sup> LENARD, *Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften*, t. XXVIII, 1910.

<sup>(2)</sup> *Loc. cit.*, p. 8.

<sup>(3)</sup> *Loc. cit.*, p. 916.

<sup>(4)</sup> HEMSALECH, *Recherches expérimentales sur les spectres d'étincelles*; chez A. Hermann, éditeur, Paris.

<sup>(5)</sup> M. HEMSALECH et C. TISSOT, *C. R. Acad. Sc.*, t. 144, 1907, p. 262.

<sup>(6)</sup> M. HEMSALECH et DE WATTEVILLE, *C. R. Acad. Sc.*, t. 144 et 146.

<sup>(7)</sup> J. DE KOWALSKI, *Soc. franç. de Phys.*, n° 231, 1905, p. 9; *C. R. Acad. Sc.*, t. 142, p. 994; *Arch. de Genève*, 1910, p. 293.

<sup>(8)</sup> P. JOYE, *Arch. de Genève*, 1909, p. 374.

violet. Donnant suite à cette manière de voir, nous avons entrepris une série de recherches dont on peut extraire les conclusions pratiques suivantes :

» 1<sup>o</sup> Au fur et à mesure que l'on fait croître l'amplitude du courant dans le circuit oscillant, on constate que la région qui correspond au maximum d'énergie rayonnante se déplace vers les courtes longueurs d'onde.

» 2<sup>o</sup> On obtient, comme correspondant au maximum d'énergie rayonnante, une longueur d'onde d'autant plus faible que l'étincelle est mieux amortie. On pourrait traduire cela en disant que la longueur d'onde correspondant au maximum de l'énergie rayonnante se déplace vers l'extrême ultraviolet, à mesure que l'énergie consommée dans l'étincelle est plus considérable.

» 3<sup>o</sup> Une série d'essais avec différentes électrodes ont établi que la place, dans le spectre ultraviolet, de la longueur d'onde correspondant au maximum d'énergie rayonnante dépendait aussi beaucoup de la nature des électrodes; qu'en particulier cette position n'était pas la même pour des alliages et pour des métaux purs.

» Il s'ensuit que, pour obtenir dans l'ultraviolet un rendement favorable, il faut avant tout produire une amplitude du courant oscillant aussi grande que possible. Or, l'intensité maximum du courant étant aussi bien fonction de la capacité que de la self-induction, il faudrait, d'après la formule

$$i_{\max} = \frac{C}{L} \cdot N \cdot e^{-\alpha \left(1 - \frac{\theta}{\pi}\right)^{\frac{\pi}{2}}},$$

avoir une capacité très grande et une self très petite.

» D'autre part, dans une installation industrielle, si l'on cherche à augmenter la capacité en prenant un plus grand nombre de condensateurs, on ne peut malheureusement guère éviter d'augmenter la self-induction, à cause de la self propre de ces derniers et des connexions. Les considérations ci-dessus fournissent une explication à une constatation que nous avons faite : que le rendement de l'étincelle, au point de vue du rayonnement, est bon,

dans le cas seulement où le facteur  $\sqrt{C \times L}$  (correspondant à la longueur d'onde du courant produit dans le circuit d'oscillation) ne dépasse pas une certaine valeur.

» Les observations de Lenard sont également en accord avec notre manière de voir. Si l'on augmente fortement la capacité, en ayant soin, par des arrangements spéciaux, de réduire autant que possible la self-induction, on constate alors que le maximum de l'énergie rayonnante se déplace de l'ultraviolet *moyen* vers l'*extrême* ultraviolet étudié par Lenard.

» En ce qui concerne l'amortissement de l'étincelle, nous avons établi par des recherches expérimentales, en accord du reste avec les résultats d'autres auteurs <sup>(1)</sup>, que l'amortissement dépendait en premier lieu de la nature des électrodes. Nous avons par contre établi, croyons-nous pour la première fois, que certains alliages, comme par exemple l'invar, fournissaient un décrement plus fort que celui qu'on obtenait en se servant de métaux purs.

» Nous avons, en outre, constaté que l'amortissement de l'étincelle n'était pas la seule condition qui puisse provoquer dans l'ultraviolet moyen une grande énergie rayonnante. Les divers métaux et alliages possèdent en effet, dans cette région du spectre, un pouvoir spécifique de rayonnement qui ne correspond pas nécessairement à un amortissement convenable. Nous avons donc cherché des alliages et des métaux qui, dans des conditions électriques données, présentaient à la fois un grand amortissement et une énergie rayonnante intense.

» Comme répondant à ces conditions, nous avons trouvé par exemple : le nickel, le zircon, le tantale, le tungstène, le platine, l'iridium; et parmi les alliages, les métaux ci-dessus alliés entre eux, les alliages de fer, l'invar (fer et nickel), ceux de chrome, de manganèse, de silicium, etc.; de même que le fer ou le nickel alliés à de petites quantités de terres rares (cérium, lanthane, etc.).

» Quelques données tirées des mesures que nous avons effectuées feront mieux voir l'influence de la nature du métal sur le rayonnement ultraviolet. Les résultats ci-dessous ont été fournis en opérant

---

(1) ZENNECK, *Lehrbuch der Drahtlosen Telegraphie*, 1913.

dans les mêmes conditions électriques ; ils sont exprimés en unités arbitraires :

|                |     |
|----------------|-----|
| Invar.....     | 128 |
| Aluminium..... | 99  |
| Laiton.....    | 85  |
| Zinc.....      | 78  |
| Cuivre.....    | 73  |

» Pour de mêmes électrodes, on peut, comme on sait, augmenter l'amortissement de l'étincelle en opérant certaines modifications dans les conditions électriques de la décharge. C'est ainsi que l'amortissement est fonction de la longueur de l'étincelle et de l'énergie envoyée par unité de temps dans celle-ci. Nos essais ont confirmé ce point, car, par des modifications apportées à ces deux facteurs, nous avons réussi à influencer de façon notable sur l'énergie rayonnante de l'ultraviolet *moyen*. Le décrément augmente, en effet, en raison inverse du nombre de décharges partielles de l'étincelle, et, avec les mêmes électrodes, en ne modifiant dans les conditions électriques que le nombre de ces décharges partielles, on voit que, lorsque celles-ci diminuent, l'ultraviolet moyen accuse une énergie de plus en plus intense. Avec des électrodes en invar, la distance explosive étant de 22<sup>mm</sup>, nous avons obtenu les cotes suivantes montrant l'intensité du rayonnement en fonction du nombre de décharges par seconde :

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| 20 étincelles à la seconde..... | 41,5 |
| 30 — — — .....                  | 32,6 |
| 40 — — — .....                  | 26,4 |
| 50 — — — .....                  | 20,3 |

» Si, pour charger le circuit d'oscillation, on se sert d'un transformateur à résonance, on arrive à une relation déterminée entre le nombre d'étincelles par seconde, la capacité et la fréquence du courant primaire; une fois cette relation réalisée, on obtient un rendement *économique* en radiations ultraviolettes *moyennes* par rapport à l'énergie consommée au primaire.

» On voit donc, par ce qui vient d'être exposé, quelles sont les conditions à remplir pour utiliser l'étincelle oscillante comme source industrielle de rayons ultraviolets. Une machine à courant

continu à haute tension, ou un transformateur approprié <sup>(1)</sup> alimentera le circuit d'oscillation, constitué par une batterie de condensateurs, une self-induction et un éclateur; celui-ci, monté en parallèle sur les condensateurs, déchargera périodiquement le circuit oscillant. En choisissant une capacité aussi grande que possible, une self, au contraire, aussi petite que possible, pour une longueur d'onde du courant oscillant inférieure à 3000 m, on arrivera à accroître l'amplitude maximum du courant.

» Les électrodes seront choisies parmi les métaux ou les alliages mentionnés ci-dessus, ceci afin d'obtenir un grand amortissement de la décharge, c'est-à-dire afin de consommer dans celle-ci la plus grande partie de l'énergie en jeu dans le circuit d'oscillation. Après avoir fixé la nature des électrodes, on arrivera à maintenir les conditions les meilleures à l'amortissement en faisant varier la distance explosive, le nombre de décharges partielles, etc.

» Nous avons mesuré la répartition de l'énergie rayonnante dans les diverses parties du spectre de l'étincelle au moyen d'une méthode analogue à celle décrite par MM. H. Buisson et Ch. Fabry <sup>(2)</sup>. Nous avons commencé par étudier toute une série de solutions de divers sels à différentes concentrations, au point de vue de leur pouvoir absorbant, afin de constituer un groupe de filtres qui nous permette d'absorber des régions déterminées du spectre. Ce travail fut conduit avec un spectrophotomètre de la maison Fuess, dont le système optique en quartz s'adaptait particulièrement bien aux observations dans l'ultraviolet. Nous avons aussi examiné des filtres solides, des verres d'espèces diverses, incolores et colorés, du spath d'Islande, du mica, de la gélatine en couche très mince, etc. Les liquides étaient renfermés dans des cylindres en verre de 50 mm de longueur, fermés de façon étanche par deux plaques de quartz bien parallèles, joignant par l'intermédiaire d'aucune graisse, simplement par des rodages très soignés. Ce procédé qui nous a donné toute satisfaction est, à notre avis, le

---

(<sup>1</sup>) MM. Ph. et F. Pellin, ingénieurs-constructeurs, 5, avenue d'Orléans, à Paris, ont construit un transformateur à circuit magnétique ouvert pour la production d'étincelles de résonance à l'usage des spectroscopistes.

(<sup>2</sup>) H. BUISSON et CH. FABRY, *C. R. Acad. Sc.*, t. 152, p. 1838.



seul qui permette de conserver pendant plusieurs jours des liquides sans que ceux-ci soient souillés par les matières dont on se sert d'ordinaire pour coller ou faire tenir des cuves à liquides; de faibles quantités de graisse causent, comme nous l'avons constaté, des absorptions notables dans l'ultraviolet.

» Parmi les filtres examinés il a fallu faire un choix, quelques-uns d'entre eux absorbant sélectivement en diverses régions du spectre, d'autre de façon continue. Nous nous sommes arrêtés, comme donnant des résultats indiscutables, aux filtres suivants :

|                                      | Absorbe à partir de |
|--------------------------------------|---------------------|
| Eau.....                             | 223                 |
| Sulfate d'aluminium 10 pour 100..... | 233                 |
| Oxalate d'ammonium saturé.....       | 275                 |
| Verre incolore de 6 mm.....          | 334,5               |
| Acide picrique dilué.....            | 436                 |

» Afin de nous rendre compte de l'efficacité de la méthode employée, nous avons commencé par l'appliquer à la mesure de la répartition de l'énergie dans la lampe à vapeur de mercure. Une lampe Heraeus de 110 volts, brûlant au régime de 90 volts et 3,1 ampères fut examinée horizontalement dans le sens de l'axe. L'énergie transmise était captée par une pile thermo-électrique de Hilger (cuivre-argent-bismuth) renfermée dans un récipient évacué et relié à un galvanomètre. La source, les lentilles, un diaphragme, les cuves et le thermo-élément étaient placés exactement dans l'axe, afin d'éviter toute perte par réflexion. Grâce au dispositif adopté, les divers appareils, et en particulier, les cuves pouvaient être enlevés et remis en place, sans qu'il en résulte des changements dans les mesures. Nous avons trouvé, exprimée en valeur relative, que l'énergie spectrale se répartissait comme suit dans la lampe de Heraeus :

|                                     | Pour 100<br>de l'énergie totale transmise. |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| Énergie calorique.....              | 24                                         |
| Spectre visible et ultraviolet..... | 76                                         |
| Visible.....                        | 41                                         |
| Ultraviolet.....                    | 35                                         |
| 436-334.....                        | 24,7                                       |
| 334-275.....                        | 13                                         |
| 275-233.....                        | 11,3                                       |
| 233-223.....                        | 11                                         |

» Après chaque mesure effectuée au moyen du thermo-élément, on remplaçait ce dernier par le spectrographe et l'on prenait la photographie du spectre d'absorption, sans changer les conditions.

» Pour l'étude de l'énergie rayonnante émise par la décharge oscillante, nous avons employé les mêmes filtres et le même dispositif de mesure. La figure ci-dessous (fig. 1) fait voir le dispo-

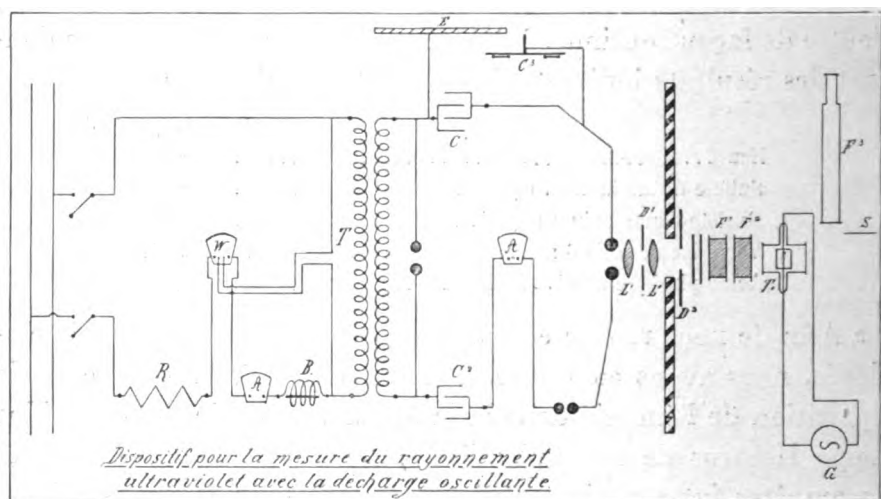


Fig. 1.

sitif que nous avons adopté pour la production de l'étincelle et pour les mesures électriques et de l'énergie rayonnante.

» Du courant alternatif de 50 périodes, dont on règle l'intensité par une résistance  $R$  et dont on mesure l'énergie par le wattmètre  $W$  et l'ampèremètre  $A$  est envoyé dans le primaire d'un transformateur  $T$  à circuit magnétique ouvert (type Boas ou Hemsalech et Tissot) après avoir traversé une self réglable  $B$  à noyau de fer. Cette dernière, ainsi que le transformateur (dont on peut changer le coefficient d'induction mutuelle par déplacement des bobines) permettent d'obtenir l'état de résonance avec un petit nombre d'étincelles à la seconde. Le circuit secondaire comprend une batterie de condensateurs  $C_1, C_2$  système Moscicki pour haute tension, de 0,05 microfarad environ, aux bornes de laquelle se trouve branché l'éclateur, devant les lentilles en quartz  $L_1, L_2$  et les diaphragmes  $D_1, D_2$ . Les électrodes de l'éclateur sont réglables et interchangeables. On peut, sans changer la distance

explosive; modifier l'énergie dans la décharge en écartant plus ou moins les électrodes d'un autre éclateur monté en série. Un troisième déchargeur de précision, avec électrodes sphériques, monté en parallèle avec le premier, permet de déterminer le potentiel explosif. Nous avons mesuré le nombre de décharges à la seconde dans l'étincelle par la méthode stroboscopique : on compte le nombre d'images lumineuses produites par de petits tubes d'hélium fixés sur un disque  $C_3$  dont la vitesse de rotation est maintenue constante (par exemple à 600 tours à la minute), les tubes s'illuminant avec chaque décharge. Le circuit secondaire comprenait encore un ampèremètre thermique pour haute fréquence A et des selfs réglables.

» Afin de ne pas être dérangé par la lumière parasite de l'étincelle ou par le bruit des décharges, nous avons monté les appareils électriques et l'étincelle dans une salle, les appareils de mesure pour l'énergie rayonnante dans une autre. La répartition de l'énergie dans le spectre de la décharge fut déterminée de la manière suivante : Pendant que deux aides étaient occupés à maintenir les conditions électriques aussi constantes que possible, à compter le nombre d'étincelles par seconde et l'intensité du courant dans le circuit d'oscillation, les lectures étaient faites au galvanomètre en interceptant avec les différents filtres les rayons arrivant sur le thermo-élément. L'interposition du filtre à eau, absorbant l'énergie calorifique, abaissait l'énergie du rayonnement transmis sans aucun filtre d'un certain pour-cent. En ajoutant une plaque de verre de 6 mm on absorbait tout l'ultraviolet et l'on pouvait déterminer, par différence, l'énergie visible et le rapport entre cette dernière et l'ultraviolet. Chaque mesure fut répétée un grand nombre de fois afin d'éliminer par des moyennes les erreurs dues aux variations de l'étincelle.

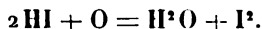
» Voici par exemple quelques résultats obtenus avec l'invar, les électrodes étant écartées de 22,5 mm. Le nombre d'étincelles par seconde était ici de 30 et le courant dans le circuit oscillant était de 50,5 ampères en moyenne :

|                                    | Pour 100. |
|------------------------------------|-----------|
| Énergie calorifique transmise..... | 22        |
| Rayonnement visible.....           | 18,6      |
| — ultraviolet.....                 | 59,4      |

» En diminuant le nombre d'étincelles par seconde, tout en maintenant la même distance explosive, nous avons constaté que le rapport entre l'énergie ultraviolette et l'énergie visible devenait plus grand, ce qui confirme le fait sur lequel nous avons déjà attiré l'attention : que le rendement dans l'étincelle devenait d'autant meilleur que le nombre de décharges partielles atteignait une certaine valeur pour laquelle on avait un petit nombre d'étincelles par seconde.

» La mesure de l'énergie ultraviolette peut, par exemple, pour des essais industriels, être faite d'une autre façon. Nous nous sommes servis d'un petit actinomètre dont le principe nous a été suggéré par les expériences de MM. Berthelot et Gaudechon <sup>(1)</sup> sur la lévulose. Les rayons ultraviolets ont en effet la propriété de décomposer certains hydrates de carbone avec groupe cétonique en dégageant de l'oxyde de carbone. En adoptant un dispositif représenté par la figure 2, on peut mesurer le rayonnement ultraviolet au déplacement d'un filet de mercure dans un tube capillaire, le déplacement étant dû au dégagement gazeux. Un petit thermomètre plongeant dans le liquide indique les déplacements dus à la température. On commence par calibrer l'appareil en fonction de cette dernière, afin de pouvoir ensuite corriger la lecture et établir l'augmentation de pression due uniquement au rayonnement visible et ultraviolet.

» Pour faire voir rapidement l'action des rayons ultraviolets, on peut se servir d'une modification d'un photomètre de Leeds <sup>(2)</sup>. Cet auteur a trouvé que la lumière avait la propriété de décomposer une solution d'acide iodhydrique en mettant de l'iode en liberté, surtout en présence de l'oxygène de l'air



Les iodures, en présence de l'acide nitrique, agissent de la même manière et l'iode peut être titré au moyen de l'hyposulfite de soude. Si l'on ajoute au liquide une petite quantité d'empois d'amidon, on le voit devenir bleu sous l'action des rayons ultra-

---

<sup>(1)</sup> BERTHELOT et GAUDECHON, *C. R. Acad. Sc.*, t. 136, p. 707.

<sup>(2)</sup> LEEDS, *Phot. New.*, 1879, p. 228.

violet en quelques secondes, lorsque les solutions sont étendues. Leeds a de cette façon comparé le rayonnement de différentes sources lumineuses telles que la lumière solaire, l'arc électrique, la lumière du magnésium, etc.

» M. O. Baudisch a trouvé qu'on pouvait remplacer les acides

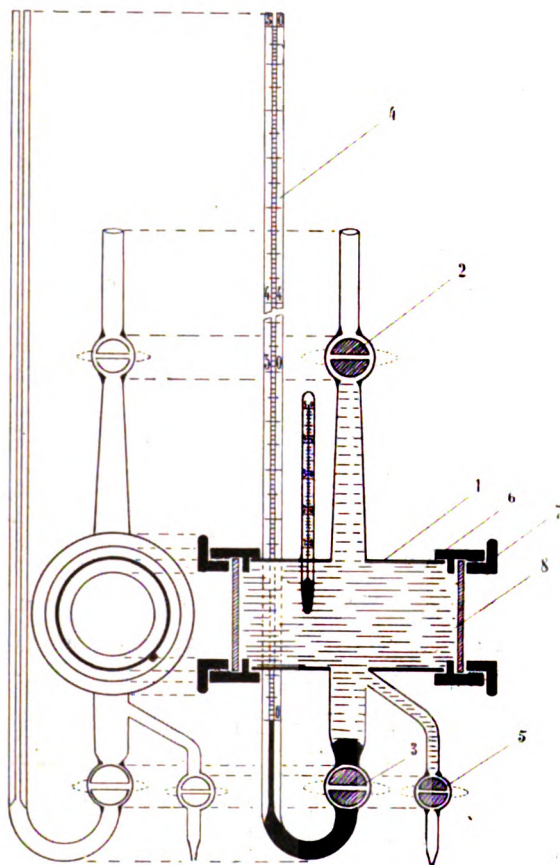


Fig. 2. — Photomètre chimique d'après D. Berthelot.

par du nitrate de potassium. Nous avons constaté, en effet, que le mélange d'iodure et de nitrate de potassium était très apte à fournir des réactions chimiques sous l'influence de l'étincelle oscillante, étant donné son pouvoir d'absorption dans la région de l'ultraviolet moyen.

» Une solution d'iodure à 5 pour 100 sous une couche de 50 mm absorbe à partir de 280  $\mu\mu$ ; le nitrate absorbe à partir de 346  $\mu\mu$  et le mélange à partir de 340  $\mu\mu$  environ. Entre toutes les réactions

photochimiques que nous avons étudiées, celle-ci nous paraît être la mieux adaptée pour faire voir rapidement dans une salle de cours, par exemple, les effets de l'ultraviolet : en prenant deux éprouvettes, dont l'une en verre et l'autre en quartz et un troisième récipient permettant aux rayons d'arriver directement sur le liquide, on se rend compte de l'action d'une paroi en verre et d'une paroi en quartz sur l'absorption des radiations de courte longueur d'onde.

» La très grande énergie fournie par l'étincelle oscillante, en opérant comme il a été dit précédemment, nous a permis une application industrielle des rayons ultraviolets : la stérilisation de grandes masses d'eau. Des essais entrepris avec le concours de M. le Dr Glüksmann, directeur de l'Institut d'hygiène et professeur de bactériologie à l'Université de Fribourg, établissent que l'énergie n'est pas seulement accrue théoriquement lorsqu'on met en pratique les conditions ci-dessus, mais que par ces prescriptions on peut augmenter l'énergie ultraviolette dans l'étincelle oscillante, à tel point que celle-ci peut être utilisée industriellement à la stérilisation et à des réactions photochimiques. Comme source d'ultraviolet, l'étincelle oscillante présente sur la lampe à vapeur de mercure, le grand avantage de ne pas devoir nécessiter comme cette dernière source une enveloppe en quartz, qui absorbe une bonne partie des radiations ultraviolettes moyennes (d'après Pflüger le 20 pour 100) et parmi celles-ci précisément celles qui ont le plus grand pouvoir abiotique. En choisissant comme électrodes des métaux qui pulvérisent peu à la décharge, on peut donc faire agir directement cette dernière sur l'eau.

» Nous avons établi sur ce principe une installation permettant de stériliser d'assez grandes quantités d'eau avec une dépense minime d'énergie électrique (*fig. 3*).

» Le schéma ci-contre montre le dispositif d'une installation de ce genre. En S se trouve la source ultraviolette constituée par la décharge oscillante. On remarquera aussi un dispositif permettant de donner à l'eau un mouvement tourbillonnaire, ce qui est très important dans la stérilisation par les sources d'ultraviolet, toutes les parties de l'eau devant être soumises au rayonnement. Si, en effet, l'eau, comme c'est souvent le cas, contient des particules

solides, poussières, etc., celles-ci peuvent agir à la façon d'un écran et les bactéries sont abritées contre l'action abiotique des rayons. Par le dispositif que nous avons adopté, toutes les parties de l'eau arrivent forcément à être exposées aux rayons et la stérilisation est possible, comme toute une série d'expériences effectuées avec le concours du Dr Glüksmann l'ont démontré. Ces expériences nous permettent de conclure que la stérilisation *complète* d'une eau contaminée artificiellement avec du *bacillis coli* est

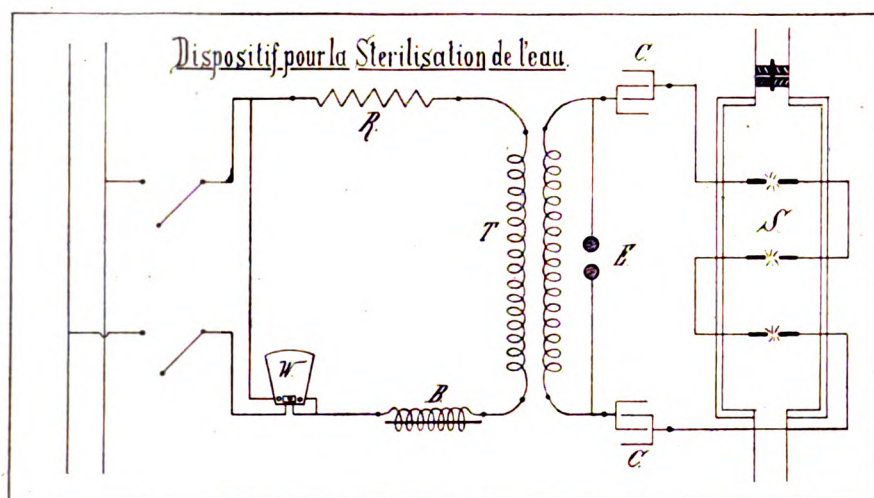


Fig. 3.

possible avec une énergie de 50 à 70 watts par mètre cube d'eau et en utilisant seulement le  $\frac{1}{3}$  du rayonnement. Or, toutes les expériences de stérilisation réalisées jusqu'ici dans la pratique ont démontré que les essais effectués dans les laboratoires sont toujours moins bons que ceux effectués dans la pratique, l'eau contenant dans ce dernier cas des microbes de tout âge et de virulence plus ou moins atténuée. Une autre cause qui tendrait à amoindrir les résultats de laboratoire réside dans la contamination artificielle elle-même : en ajoutant des cultures en bouillon, il se forme facilement au sein de l'eau des agglomérations de bactéries dont certainement quelques espèces peuvent échapper, protégées qu'elles sont par les autres vis-à-vis de l'action des radiations. De plus, dans tous nos essais, le nombre de coloniesensemencées atteignait jusqu'à 500 à 600, en dépassant toujours la centaine



par centimètre cube d'eau. Les eaux que l'on traite dans la pratique, soit par l'ozone, soit par les lampes à vapeur de mercure, contiennent rarement un nombre supérieur à 40 colonies par centimètre cube, étant donné que ces eaux sont soumises, avant la stérilisation proprement dite, à un préfiltrage. Dans la pratique, on peut donc prévoir, par l'action de l'étincelle oscillante, une stérilisation complète avec une dépense d'énergie bien inférieure à 50 watts; en nous basant sur les résultats fournis par les lampes à vapeur de mercure dans les installations urbaines, nous pouvons inférer assez certainement que, dans la pratique, la stérilisation par notre procédé n'exigerait pas plus de 10 à 20 watts par mètre cube d'eau.

» A l'heure actuelle, où la question des eaux d'alimentation occupe une place si importante parmi les soucis des hygiénistes, l'application économique de l'étincelle oscillante comme source stérilisante ne nous paraît pas seulement augmenter d'une unité les nombreux systèmes existants, mais il nous semble que, par l'efficacité et par la sécurité que ce système présente, il mérite quelque attention.

» En finissant je tiens à remercier le Dr Charles Garnier dont la collaboration dans ces recherches m'a été extrêmement précieuse, ainsi que M. Félix Pellin et M. Conti qui ont bien voulu me prêter les appareils nécessaires à cette conférence. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. de Kowalski de sa très intéressante Communication. La question de l'assainissement des eaux potables est assurément une des plus importantes qui s'imposent actuellement à l'attention des municipalités, et les progrès que doivent amener les travaux de M. de Kowalski dans cet ordre d'idées seront véritablement d'intérêt public.



**LES USINES DE LA COMPAGNIE PARISIENNE DE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ.**

**EXPOSÉ.**

**La distribution de l'électricité à Paris avant 1907.**

M. ED. IMBS. — « Paris, la Ville Lumière, n'a guère connu l'éclairage électrique avant 1889.

» Bien que la France ait été la première à utiliser l'invention de Gramme qui fut le point de départ de l'industrie électrique, on ne connaissait avant 1889 à Paris que quelques modestes tentatives de petites usines électriques au Palais-Royal, au faubourg Montmartre, etc., avec distribution par des canalisations passant sur les toits et quelques installations privées de magasins.

» On était au début des applications de l'électricité.

» Cependant, dès 1889, les secteurs électriques parisiens prenaient naissance, et c'est à cette époque que remontent les concessions accordées successivement par la Ville aux six sociétés qui ont assuré l'exploitation de la distribution d'électricité de Paris jusqu'au 1<sup>er</sup> janvier 1914.

» Les six anciens secteurs produisaient et distribuaient l'énergie électrique suivant des modes différents dans chacune des six zones qui leur avaient été concédées.

» La Compagnie parisienne de l'Air comprimé et le Secteur de la place Clichy avaient adopté un réseau à 5 fils courant continu 440 volts.

» La Compagnie continentale Edison un réseau à 3 fils courant continu 220 volts.

» La Société d'Éclairage et de Force par l'Électricité un réseau à 2 fils courant continu 110 volts.

» Le Secteur des Champs-Élysées et celui de la Rive Gauche avaient établi un réseau alternatif monophasé à haute tension 3000 volts avec transformateurs chez les abonnés.

» Chacun de ces secteurs produisait l'énergie nécessaire à la consommation de sa zone dans un nombre d'usines relativement considérable qui comportait, outre les centrales extérieures de

Levallois, Issy-les-Moulineaux, Saint-Denis, Saint-Ouen et dans Paris la centrale de Jemmapes, une douzaine de petites usines à l'intérieur de la Ville.

» Quatre des concessions accordées aux secteurs expiraient en avril 1907, les deux autres dans le courant de 1908.

» Dès 1905, la Ville de Paris se préoccupait de la réorganisation des services électriques de la capitale.

» Les études et les négociations commencées à cette époque aboutirent en 1907 à une Convention, signée le 5 septembre de la même année.

#### CONVENTION DE 1907.

» Aux termes de cette Convention du 5 septembre 1907, la Ville a concédé à l'ensemble des six secteurs représentés par le Comité de l'Union des Secteurs, pour une période provisoire expirant le 31 décembre 1913 et à la Compagnie parisienne de Distribution d'électricité jusqu'en 1940 la distribution de l'énergie électrique dans toute la ville de Paris.

» Conformément à cette Convention, la Ville est devenue associée du concessionnaire par le partage qu'elle fait avec lui des recettes brutes et des bénéfices d'exploitation. Elle lui a assuré d'ailleurs le monopole de l'éclairage public et privé et de la pose, au-dessus et au-dessous de la voie publique, des canalisations destinées à cet éclairage.

» Un programme technique des travaux de premier établissement a été imposé au concessionnaire par la Ville. Les installations faites deviennent *ipso facto* propriété de Paris.

» La Compagnie parisienne de Distribution d'électricité en acquitte toutes les dépenses; elle a laissé diriger par le Comité de l'Union des Secteurs, pendant la période provisoire, l'exécution de la partie du programme qui concerne le réseau de distribution; elle a édifié elle-même ses usines nouvelles de production.

» Le programme technique imposé par la convention de 1907 comporte dans ses grandes lignes :

» En ce qui concerne le réseau :

» La transformation du réseau 2 fils du Secteur d'Éclairage et Force en réseau à 3 ou 5 fils dans le but de réduire à trois types

(zone continu 5 fils, zone continu 3 fils et zone alternatif monophasé) les anciens systèmes de distribution des secteurs.

» La création d'une nouvelle zone de distribution en alternatif diphasé 5 fils correspondant à la zone nord-est de Paris non canalisée jusqu'alors.

» La pose avant 1920 d'au moins 600 km de nouvelles canalisations de rues dont 400 km avant le 31 décembre 1913.

» En ce qui concerne la distribution :

» La création et l'aménagement de sous-stations, centres de couplage et postes de transformation destinés à recevoir le courant haute tension produit par des usines centrales nouvelles et à en assurer la distribution.

» La pose des canalisations primaires reliant les usines à ces sous-stations et centres.

» Enfin, en ce qui concerne la production du courant, la construction de deux usines centrales au nord et au sud-ouest de Paris produisant, en courant alternatif diphasé, 12 300 volts, 42 périodes, le courant primaire amené par un réseau de canalisations primaires aux sous-stations et centres de couplage.

» Le courant alternatif diphasé 42 périodes, 12 300 volts, fut choisi parce que d'une part le diphasé permettait plus facilement la séparation et l'équilibrage des phases pour l'alimentation des réseaux monophasés de la Rive Gauche et des Champs-Élysées, parce que d'autre part des installations en diphasé existaient en 1907 dans certaines usines des fournisseurs auxquels les secteurs devaient faire appel pour subvenir aux augmentations de la consommation pendant la période provisoire nécessaire à la construction des nouvelles usines.

» On est tout naturellement amené, avant de décrire les installations des usines, à résumer sommairement les installations du réseau et de la distribution en vue desquelles la production du courant a été organisée suivant le régime technique défini par la Convention de 1907 et actuellement réalisé.

#### Réseau.

» Paris est divisé en trois zones (*fig. 1*) :

» 1<sup>o</sup> La zone à courant continu s'étendant dans le centre de



la rive gauche et à l'ouest de Paris par les anciens secteurs des Champs-Élysées et de la Rive Gauche.

» Cette zone est constituée par des câbles armés concentriques 3000 volts placés en terre.

» 3<sup>o</sup> La zone diphasée desservant les quartiers d'une région nouvelle nord-est de Paris qui jusqu'en 1907 n'avait pas été alimentée.

» Le réseau y est constitué par des câbles armés à 5 conducteurs alimentés par des feeders partant de postes de transformation. Un des conducteurs réuni directement aux points milieux des enroulements secondaires des transformateurs est mis à la terre et constitue le fil neutre de la distribution diphasée à  $4 \times 100$  volts.

» Le système de distribution diphasée à 5 fils a été choisi en raison de l'économie et de la souplesse qu'il donne pour desservir à la fois l'éclairage et la force motrice.

» En dehors des modes de distribution dont il vient d'être question, certains gros abonnés d'éclairage et de force motrice sont desservis en haute tension par des câbles 12300 volts diphasés.

» On a respecté, comme on le voit, dans une très large mesure, l'état de choses préexistant en se bornant à transformer l'ancien réseau continu 2 fils en 3 ou 5 fils. On a ainsi limité les dépenses importantes qu'une unification plus complète aurait entraînées et l'on a empêché l'éventrement des rues de Paris dont on sait les inconvénients.

» L'ensemble des canalisations de rues de Paris, qui était en 1907 de 556 km, atteignait, au 31 décembre 1913, 1143 km. On a donc posé en 7 ans près de 600 km de canalisations nouvelles sans compter 56 km de canalisations à 2 fils transformés en 3 ou 5 fils.

#### **Distribution.**

» La distribution de l'énergie dans chacune des trois zones s'effectue par l'intermédiaire de sous-stations et centres de couplage qui reçoivent le courant produit par les usines par l'intermédiaire de canalisations haute tension, dites *primaires*.

#### **SOUS-STATIONS.**

» *Zone à courant continu.* — La zone à courant continu est alimentée par 12 sous-stations qui transforment le courant fourni par

les usines en courant continu 440 volts pour le réseau à 5 fils et 220 volts pour le réseau à 3 fils.

» Dans ces sous-stations sont installés des transformateurs rotatifs constitués presque exclusivement par des commutatrices et par des groupes moteurs-générateurs asynchrones.

» Les progrès dans la construction de ces machines ont conduit à installer des groupes de 1500 kilowatts, alors qu'en 1907 la puissance maxima par groupe était limitée à 750 kw.

» La combinaison de l'emploi des deux types de groupes dans une proportion convenable a pour objet de permettre, grâce aux groupes asynchrones, la mise en charge progressive du réseau en cas d'arrêt complet, tout en bénéficiant, grâce aux commutatrices, d'un rendement moyen satisfaisant et des avantages d'une marche plus silencieuse.

» Les sous-stations de la zone continue comprennent deux jeux de barres haute tension permettant la double alimentation sans risque de mise en parallèle des deux sources de courant et un jeu de barres basse tension sur lequel débitent les groupes transformateurs.

» Des batteries d'accumulateurs y sont installées à la fois pour servir de secours et pour écrêter les pointes.

» La puissance installée dans les sous-stations de la zone continue représente environ 67 000 kw et pourra être portée par simple addition de matériel à 97 000 kw.

» *Zone monophasée.* — Cette zone, qui s'étend sur deux rives de la Seine, comporte quatre sous-stations qui transforment le courant 12300 volts des usines en l'abaissant à la tension de 3000 volts.

» L'équipement primaire de ces sous-stations est réalisé au moyen d'une boucle sectionnée sur laquelle les primaires des transformateurs sont branchés au moyen d'inverseurs permettant de les prendre sur une phase ou une autre pour maintenir l'équilibre malgré les variations du réseau.

» Du côté secondaire, les transformateurs sont réunis invariablement à deux jeux de barres monophasées bouclées qui permettent l'alimentation de tous les feeders dans toutes les hypothèses de marche des transformateurs.

» Les premiers transformateurs installés étaient de 600 kw. Le développement rapide de la consommation et la nécessité d'utiliser le terrain et les bâtiments dans les conditions les plus avantageuses a conduit à aller à 1200 kw, puis à 1500 kw de puissance unitaire.

» Le type des transformateurs est à refroidissement par l'air, la circulation d'air étant assurée au moyen de ventilateurs électriques alimentés par une canalisation spéciale à bas voltage.

» La puissance installée dans les sous-stations de la zone monophasée est de 36 000 kilovolts-ampères pouvant être portée ultérieurement à 43 000 kilovolts-ampères.

» *Zone diphasée.* — Dans la zone diphasée, le courant venant des usines à 12 300 volts est reçu dans des centres de couplage sur des barres haute tension qui le répartissent sur un grand nombre de feeders aboutissant à des postes de transformation.

» Les centres de couplage sont au nombre de 5. Les postes de transformation, au nombre de 110, comprennent deux transformateurs monophasés d'une puissance de 60 à 120 kw chacun, branchés sur chacune des phases du feeder aboutissant au poste. Ces transformateurs ont à la basse tension une borne commune sur laquelle s'attache le fil neutre.

» La puissance installée dans la zone diphasée est d'environ 18 000 kilovolts-ampères.

#### CANALISATIONS PRIMAIRES.

» Dès 1907, la distribution du courant était assurée dans certaines sous-stations existantes par des canalisations haute tension dites *primaires* qui amenaient à ces sous-stations l'énergie produite dans les usines.

» Un des secteurs, le secteur Edison, avait déjà construit à cette époque environ 9 km de galeries souterraines analogues à des galeries d'égout pour recevoir les câbles amenant l'énergie de son usine de Saint-Denis à ses sous-stations de Paris.

» Le Comité de l'Union des Secteurs fut amené à développer très largement dès le début de 1907 le réseau de canalisations primaires pour recevoir de la Société d'Électricité de Paris, du Triphasé

et de l'Ouest-Lumière, les apports d'énergie électrique auxquels il ne pouvait être question de satisfaire avec les seules usines des secteurs.

» Aussi bien la comparaison des avantages présentés par le système de canalisations en galeries par rapport aux poses de câbles en terre conduisait-elle à recourir au procédé des galeries toutes les fois qu'un grand nombre de câbles devait suivre le même tracé, et cela non seulement pour les canalisations primaires de haute tension reliant les sous-stations aux usines, mais encore pour certaines galeries de jonction entre sous-stations, pour certains tronçons de galeries de départ et d'amenée aux abords de ces stations et pour certaines galeries de feeders basse tension dans les régions de grande consommation.

» On fut ainsi conduit à constituer un réseau de galeries souterraines très important. Ce réseau atteint près de 30 km.

» Les canalisations primaires, dont la longueur totale dépasse 450 km, sont constituées par des câbles armés de  $4 \times 100 \text{ mm}^2$  et ces câbles sont posés dans les galeries sur des tablettes en béton armé.

» Les galeries d'usines, disposées pour recevoir au total 74 câbles, permettent éventuellement le transport dans Paris de 200 000 kw. Sur le parcours de certains de ces câbles, on a installé des inverseurs dans l'huile réunis dans deux chambres de sectionnement placées l'une à l'usine Nord, l'autre à la sous-station Puteaux, et permettant éventuellement l'intervention de secours provenant d'usines étrangères.

## PRODUCTION DU COURANT.

### Usines.

#### DISPOSITIONS D'ENSEMBLE.

» *Programme imposé.* — La Convention du 5 septembre 1907 n'avait fait qu'esquisser le programme d'établissement des usines.

» Elle avait fixé à 2 le nombre de ces usines. L'une devait être au sud-ouest, l'autre au nord de Paris. Elle avait spécifié que les usines produiraient du courant alternatif diphasé sous 12 300 volts,



42 périodes, qu'elles seraient placées sur les bords de la Seine et raccordées à la voie ferrée.

» Elle avait fixé à 25 000 kw la puissance de l'usine Sud-Ouest, la puissance de l'usine Nord étant limitée provisoirement au même chiffre, mais la Ville ayant la faculté de porter cette puissance à 50 000 kw pendant le cours de la période transitoire de 1907 à 1914.

» Tel était le programme très sommaire que la Ville avait imposé à son concessionnaire et qu'il appartenait à celui-ci de développer et de réaliser d'accord avec la Ville pour 1914.

» L'étude de détail de la construction et de l'établissement de ces deux usines ne fut pas entreprise immédiatement par la Compagnie parisienne de Distribution d'électricité.

» En dehors des raisons matérielles qui retardaient nécessairement l'élaboration de ce programme de détails (recherche des terrains fort difficiles à trouver) d'autres motifs conduisaient la Compagnie à ne pas se presser outre mesure.

» Le problème de la construction des grandes centrales à vapeur se trouvait en effet vers 1907 dans une période de transformation.

» On venait de commencer en Europe l'installation d'usines à turbines à vapeur.

» On assistait à un énorme accroissement dans les puissances en jeu, et cependant on ne réalisait encore que des unités de très faible puissance.

» Des perfectionnements incessants, mais non encore définitifs, étaient apportés dans la construction des turbines; c'était l'époque de la lutte entre les types européens horizontaux Parsons, Zoelly et le type américain Curtis vertical.

» Ne discutait-on point encore à cette époque sur les avantages respectifs de la condensation par surface uniquement employée aujourd'hui dans les grandes centrales et de la condensation par mélange qui avait encore ses chauds partisans?

» Quelles n'étaient pas à ce moment les craintes de la marche en parallèle d'alternateurs de grande puissance, craintes que justifiait l'inexpérience de la capacité de coupures des disjoncteurs pour voltage élevé.

» En ce qui concerne la production de la vapeur, on hésitait à réaliser de grosses unités produisant beaucoup en occupant peu de

place. C'était aussi la tendance naissante à l'emploi du moteur Diesel.

» Enfin c'était l'époque des derniers soubresauts, mais combien vifs encore, de la lutte entre les machines à pistons des moteurs accessoires (pompes, etc.) et les machines rotatives.

» Il faut se reporter 8 ans en arrière et faire abstraction des connaissances acquises depuis pour se rendre compte de l'imprécision des tendances de l'époque.

» Or, il s'agissait pour la Compagnie parisienne de Distribution d'électricité non pas de commencer en petit une entreprise dont on suivrait ensuite le développement au fur et à mesure, mais de réaliser en une fois l'installation d'usines capables de satisfaire aux besoins de la consommation parisienne en 1914.

» Il fallait arriver à temps, mais sans partir trop tôt, de façon à profiter dans la préparation des projets des derniers perfectionnements de la science et à aboutir en 1914 avec des usines qui ne fussent pas déjà démodées, mais au contraire munies de l'outillage le plus perfectionné, le plus sûr et le plus économique.

» *Fixation de la puissance.* — Dès 1907, le développement de la consommation parisienne avait suivi une progression telle qu'il fallait envisager pour 1914 une puissance d'environ 75 000 kw.

» Aussi la Compagnie parisienne de Distribution d'électricité considéra-t-elle, d'accord avec l'Administration de la Ville de Paris, qu'il était intéressant de prévoir l'installation immédiate pour l'ensemble des deux usines d'une puissance totale de 75 000 kw utiles, dont 25 000 kw pour l'usine Sud-Ouest et 50 000 kw pour l'usine Nord.

» Les faits ont confirmé ces prévisions. Alors qu'en 1900 la puissance maxima était, en nombres ronds, de 22 000 kw et la consommation de 30 millions de kilowatts-heure, en 1907 la puissance atteignait près de 39 000 kw pour une consommation de 47 millions de kilowatts-heure, et enfin, en 1913, ces chiffres dépassaient 66 000 kw et 87 millions de kilowatts-heure (*fig. 2*).

» *Principes directeurs du fonctionnement des centrales.* — On était tout naturellement conduit à envisager que l'usine Sud

desservirait plus spécialement les zones monophasées des anciens secteurs de la Rive Gauche et des Champs-Élysées, l'usine Nord

*Puissance totale maxima<sup>1)</sup> fournie chaque  
année, à partir de 1900*

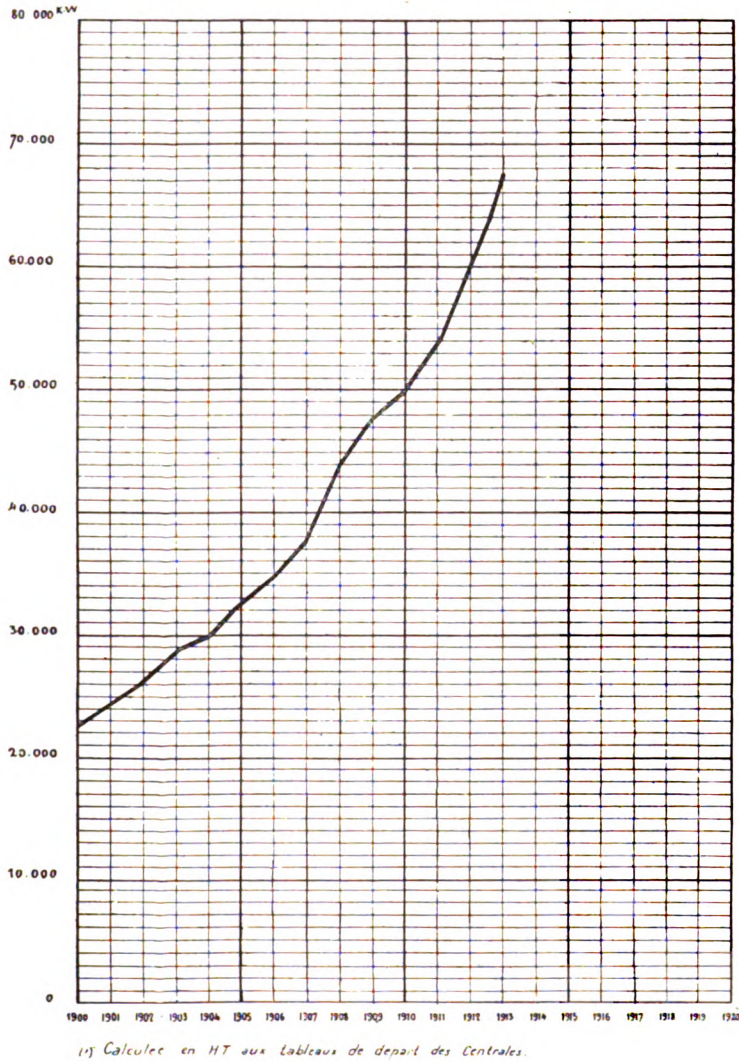


Fig. 2.

étant affectée aux zones à courant continu et à la région nouvelle à desservir en diphasé.

» Mais on considéra aussi que les deux usines devaient être

reliées de manière à former pour ainsi dire une centrale unique, l'une pouvant porter secours à l'autre dans une certaine limite.

» Il convenait d'autre part, pour assurer la sécurité du fonctionnement des sous-stations à courant continu, de pouvoir alimenter chacune de ces sous-stations par deux sources de courant distinctes pendant les fortes charges, de façon qu'en cas d'avarie sur une source, l'autre source en surcharge puisse, avec l'aide des batteries d'accumulateurs, assurer le service en utilisant la faculté de surcharge des groupes des sous-stations.

» L'ensemble de ces préoccupations menaient à la conclusion logique de considérer l'usine Nord comme la réunion de deux usines de 25 000 kw chacune et à réaliser ainsi, en quelque sorte, une série de trois éléments de 25 000 kw distincts, deux à l'usine Nord, un à l'usine Sud, la puissance totale débitée par les groupes marchant en parallèle étant pratiquement limitée à la puissance de l'élément de 25 000 kw, mais l'ensemble des trois éléments étant relié, pour assurer le secours mutuel des deux usines.

» Il convenait enfin d'établir les usines en tenant compte du maximum d'extension possible que permettaient les terrains acquis après des pourparlers laborieux et fort longs, l'un à Saint-Ouen de 13 hectares de superficie, l'autre à Issy-les-Moulineaux d'un peu plus de 2 hectares.

» On fut ainsi conduit à installer les usines en prévision du développement maximum compatible avec l'étendue et la forme des terrains, soit au total de 200 000 kw, dont 150 000 à Saint-Ouen et 50 000 à Issy-les-Moulineaux, et à exécuter dès l'origine, en prévision de ces chiffres, certaines parties des ouvrages, par exemple les conduites d'amenée et d'évacuation des eaux de condensation.

» En résumé, prévues dès l'origine pour une puissance immédiate de 75 000 kw utiles pouvant être portée à 200 000 kw, les usines de la Compagnie parisienne de Distribution d'électricité ont été conçues pour former un ensemble unique divisé en trois éléments de 25 000 kw chacun.

» *Principes directeurs du choix du matériel.* — Le choix des unités et du matériel constituant l'élément de 25 000 kw était dicté : d'une part, par la préoccupation de réduire au minimum l'encombre-

ment de manière à permettre les extensions prévues; par suite, à choisir les unités représentant avec le maximum de puissance le

## . AOÛT. 1913 .

*Graphique de la Puissance<sup>(1)</sup> totale instantanée fournie  
au Réseau aux diverses heures de la journée du 15*

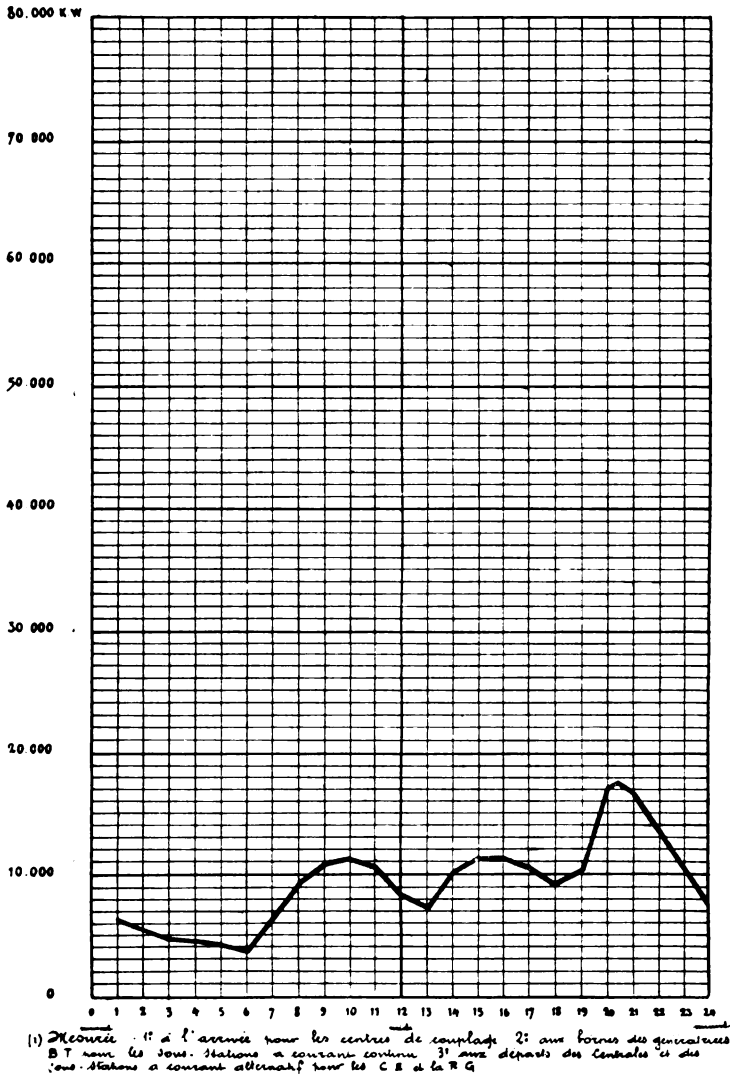


Fig. 3.

minimum d'encombrement; d'autre part, par la nécessité de faire face aux variations que présente la courbe des puissances de l'éclairage de Paris (fig. 3 et 4).

» Les courbes des kilowatts appelés aux centrales pour les mois d'août et décembre 1913 font ressortir quelles qualités de souplesse

## DECEMBRE 1913.

*Graphique de la Puissance " totale instantanée fournie au Réseau aux diverses heures de la journée du 15.*

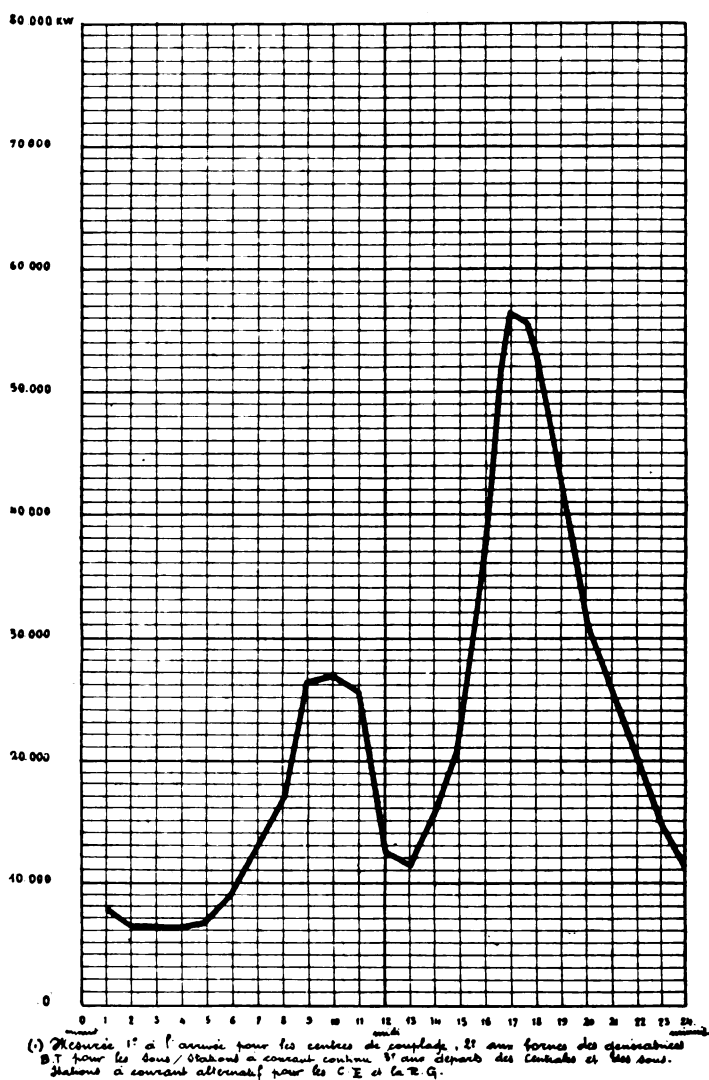


Fig. 4.

exceptionnelle il fallait exiger du matériel pour satisfaire à chaque instant aux variations si rapides et parfois inattendues de la charge.

» On voit qu'entre le mois d'août et le mois de décembre d'une

même année la charge varie du simple au triple, et que dans une même journée, de décembre par exemple, la charge varie du simple au quadruple, et ceci dans l'espace de 1 à 1 heure et demie, la pointe étant limitée à 2 heures environ.

» Ce sont des considérations particulières qui, jointes à la préoccupation d'obtenir le maximum de sécurité et d'assurer une marche aussi économique que le permettent les conditions particulièrement défavorables d'un réseau d'éclairage, ont conduit à adopter, dans la constitution de l'élément de 25 000 kw, les principes suivants :

» Production de l'énergie électrique par des groupes turbo-alternateurs marchant à condensation par surface et capables de débiter chacun 12 500 kw pendant 2 heures au moment de la pointe, ces groupes étant au nombre de trois par élément de 25 000 kw dont deux en service et un de réserve, une réserve supplémentaire de deux groupes étant constituée à l'usine Nord;

» Production de la vapeur par les chaudières les plus puissantes en usage, capables de vaporiser de 10 000 kg à 14 000 kg de vapeur à l'heure, munies de grilles mécaniques fonctionnant en tirage naturel pendant la période normale, en tirage artificiel pour la pointe; ces chaudières au nombre de 20 par élément de 25 000 kw étant réunies 10 par 10 dans deux rues de chauffe correspondant chacune à un groupe turbo-alternateur de 12 500 kw;

» Autonomie complète et indépendance de chacun des groupes turbo-alternateurs conduisant, d'une part, à assurer le service des eaux de condensation par des galeries en libre communication avec la Seine; d'autre part, à accoupler à chaque alternateur et en bout d'arbre son excitatrice et une génératrice alimentant les moteurs des pompes de la condensation;

» Adoption exclusive du courant continu basse tension, avec batteries d'accumulateurs, pour la marche de tous les services annexes des usines;

» Extension du principe de l'autonomie à tout ce qui touche à l'alimentation de la turbine en vapeur et à la distribution du courant haute tension, et en même temps centralisation de toutes les commandes de l'usine, de façon à permettre de réaliser à volonté soit la marche indépendante, tant du côté vapeur que du côté électrique, de l'un quelconque des alternateurs; soit la marche

en parallèle de tout le matériel vapeur et de tout le matériel électrique, soit toutes combinaisons intermédiaires.

» C'est dans cet ordre d'idées que les dix chaudières de chaque groupe réunies de part et d'autre d'une même rue de chauffe, possédant au-dessus des propres silos de consommation et en arrière ses silos de réserve, alimentent un collecteur de vapeur unique en boucle faisant le tour de la chaufferie. Chacun de ces collecteurs en boucle aboutit à un collecteur général de vapeur qui, par des jeux de vannes, permet de desservir soit en parallèle l'ensemble des turbines, soit chaque unité séparément.

» C'est pour obéir aux mêmes principes que les alternateurs sont disposés perpendiculairement au grand axe de la salle des machines de façon à séparer les circuits de vapeur des circuits électriques haute tension, et peuvent débiter, soit ensemble, soit séparément, sur deux jeux de barres générales par élément de 25 000 kw, les câbles reliant les usines aux sous-stations étant groupés à leur départ de l'usine 4 par 4 sur des ponts susceptibles d'être reportés instantanément d'un jeu de barres sur un autre (*fig. 20*).

» C'est enfin dans le but d'assurer la centralisation des commandes qu'ont été disposés en regard l'un de l'autre, dans la salle des machines, le poste central des commandes électriques et le poste central du chef de chauffe, reliés par téléphone et par transmetteurs d'ordres lumineux.

» La conception d'ensemble des usines se résume donc avec l'emploi des unités du type le plus grand possible et en même temps la centralisation la plus complète pour obtenir à la fois la sécurité de la marche et l'économie d'exploitation.

» *Implantation.* — Les bâtiments des usines ont été implantés dans leur terrain respectif suivant cette conception d'ensemble et de manière à assurer dans les conditions les meilleures l'amenée et l'évacuation des eaux de condensation et l'alimentation en charbons par voie ferrée et par voie fluviale (*fig. 5*).

» Ces bâtiments, suivant une disposition devenue classique, comportent une salle des machines de 32 m de hauteur mesurant 150 m de longueur à l'usine Nord et 67 m à l'usine Sud, encadrée d'un côté par le bâtiment du tableau, de l'autre par les chaufferies,



cette dernière étant séparée de la machinerie par la salle des pompes. Les chaufferies, disposées en rues de chauffe perpendiculaires à la salle des machines, sont séparées de leurs silos de réserve par une rue de 12 m de largeur.

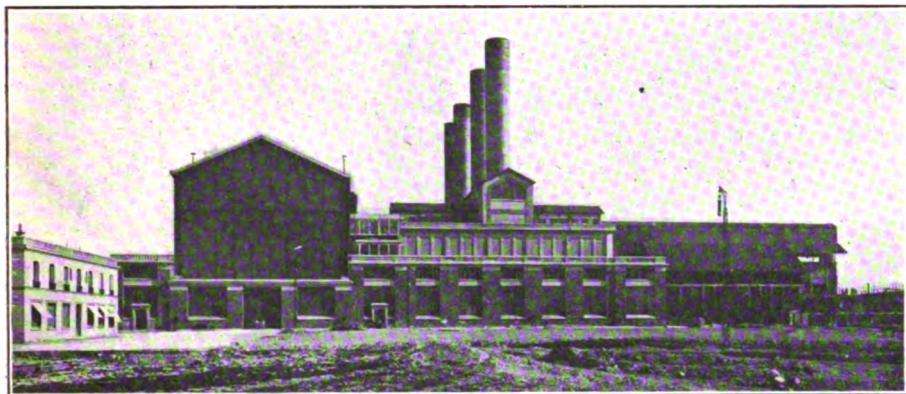


Fig. 5. — Vue d'ensemble extérieure de l'usine, prise du côté Seine.

» La préoccupation de mettre les bâtiments principaux à l'abri des dangers d'une inondation, semblable à celle de janvier 1910, a conduit à élever au-dessus de cette eau, soit aux côtes 30,40 à Saint-Ouen et 32,40 à Issy, les étages inférieurs de la salle des machines et des appareils du tableau, d'une part; le rez-de-chaussée de la chaufferie occupé pour le service de l'enlèvement des mâchefers, d'autre part.

» Les bureaux, ateliers et magasins sont établis dans les mêmes conditions.

» En ce qui concerne les silos à charbon, l'obligation de les surélever au-dessus des plus grandes crues ne s'imposait pas. On s'est contenté, comme dans toutes les parties accessoires des bâtiments principaux, de prendre en construction les précautions nécessaires pour rendre pratiquement étanches les ouvrages situés en contrebas du niveau des inondations.

» Tels sont les principes généraux suivis dans l'installation des usines.

» Nous allons en examiner la réalisation de détail en suivant successivement les différents services :

» Service de la production de la vapeur;

- » Service du combustible;
- » Services de la production de l'énergie électrique;
- » Services des eaux de condensation;
- » Services auxiliaires et annexes.

#### SERVICE DE LA PRODUCTION DE LA VAPEUR.

» *Générateurs.* — Les considérations qui ont été développées plus haut ont conduit à adopter des chaudières type marine à volumes de vapeur et d'eau relativement réduits et à avoir dans chaque usine deux types de chaudières. Les unes, Babcock-Wilcox, de 420 m<sup>2</sup> de surface de chauffe, 13 m<sup>3</sup> de volume d'eau et 5,400 m<sup>3</sup> de volume de vapeur, sont destinées à être normalement utilisées pour le service courant. Les autres, Delaunay-Belleville, de 320 m<sup>2</sup> de surface de chauffe, 3,400 m<sup>3</sup> de volume d'eau et 4,300 m<sup>3</sup> de volume de vapeur, doivent, en raison de leur mise en pression plus rapide, servir surtout pour assurer les pointes (*fig. 6 et 7*).

» L'usine Nord comporte 30 chaudières Babcock-Wilcox et 10 Belleville; l'usine Sud 10 Babcock-Wilcox et 10 Belleville. Ces chaudières sont les unes et les autres munies de surchauffeurs de 113 m<sup>2</sup> de surface pour Babcock et de 185 m<sup>2</sup> pour Belleville, intercalés dans les faisceaux tubulaires. Elles sont surmontées d'économiseurs Green individuels de 240 m<sup>2</sup> de surface placés au-dessus des chaudières.

» Les générateurs sont capables de produire chacun normalement 10 000 kg et exceptionnellement 14 000 kg de vapeur à l'heure à une pression effective de 14 kg avec une température de surchauffe variable de 325° à 350°. Ils possèdent des foyers mécaniques à décrassage automatique permettant le chargement à la main. Chaque chaudière comporte une double grille à chaînes type Babcock de 13,35 m<sup>2</sup> ou type « Kröplin-Petry-Dereux » (pour Belleville) de 14,60 m<sup>2</sup> de surface totale. Les grilles, commandées électriquement avec un réglage de vitesse, permettent de réaliser toutes les allures de combustion, avec un rendement thermique variant de 83 pour 100 pour la marche normale (200 000 kg), à 75 pour 100 pour la surcharge à 240 000 kg.

» *Chaufferies.* — Les bâtiments des chaufferies sont entièrement

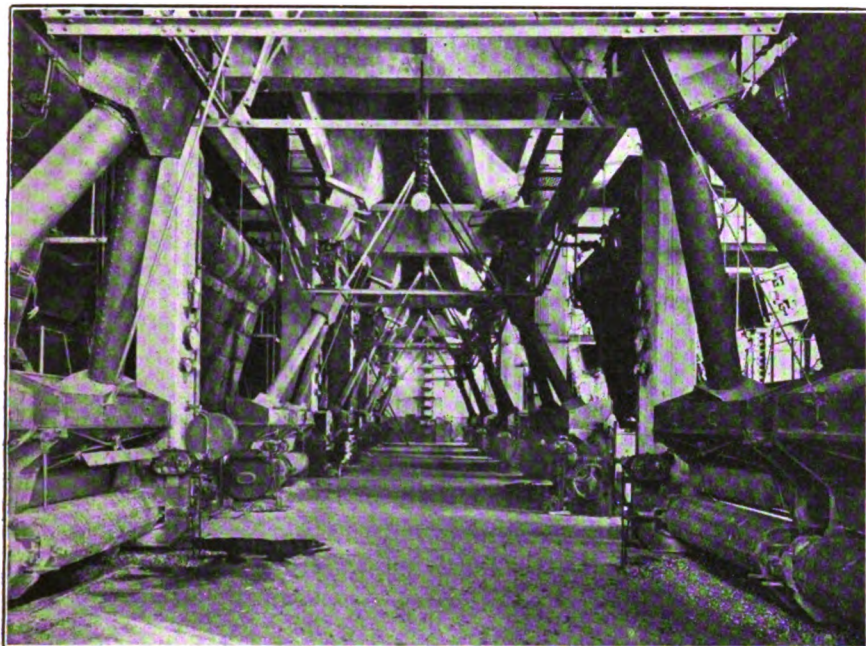


Fig. 6. — Rue de chauffe de la chaufferie Babcock.

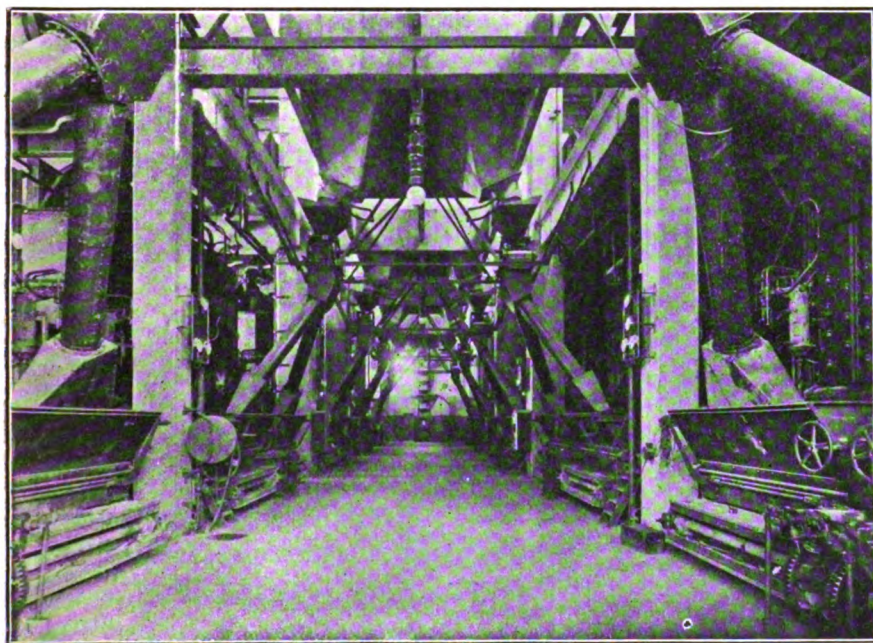


Fig. 7. — Rue de chauffe de la chaufferie Belleville.



en ciment armé (*fig. 8*). Leurs dimensions en plan mesurent  $44\text{ m} \times 44\text{ m}$  pour un élément de 25 000 kw composé de deux rues de chauffe.

» Ces bâtiments comportent un rez-de-chaussée où se trouvent les trémies à cendres et à mâchefers, les appareils de manutention et les tuyauteries d'eau disposées au plafond en nappe horizontale.

» Les cheminées, en béton armé, ont été implantées au milieu de chaque rue de chauffe. Cette disposition permet de gagner de la place et d'assurer un bon tirage également réparti entre les différents générateurs d'une même batterie.

» Les cheminées ont chacune 5 m de diamètre intérieur et une hauteur de 60 m au-dessus des grilles. Elles reposent sur le bâtiment à 24 m environ au-dessus du sol. Elles sont réunies aux économiseurs des deux files de générateurs correspondantes par des carnaux aériens métalliques à joints de dilatation qui rejoignent en leur milieu les carnaux collecteurs de chaque file d'économiseurs, disposés horizontalement derrière ceux-ci.

» Chaque cheminée est munie intérieurement d'un transformateur de pression formant ajutage convergent divergent, en tôle, système Prat, permettant d'assurer le tirage artificiel induit au moment des pointes et de passer de l'allure normale de combustion de 1000 kg à l'allure de 2050 kg de charbon à l'heure par chaudière.

» Les groupes moteurs ventilateurs électriques à vitesse variable, qui assurent ce tirage en aspirant une partie des gaz chauds dans les carnaux pour les refouler dans l'ajutage, sont placés, à raison de deux groupes de 80 chevaux par cheminée, à la base de la cheminée et à côté des carnaux. Ces groupes sont capables d'assurer la combustion maxima des dix générateurs de la chaufferie, soit 20 500 kg de charbon à l'heure, sans absorber une puissance supérieure à 130 kw dans les circonstances atmosphériques les plus défavorables.

» *Alimentation. Pompes et chaufferies.* — L'alimentation des chaudières est assurée par des pompes centrifuges multicellulaires horizontales Weyher et Richemond de 90 à 180 m<sup>3</sup>, directement accouplées par manchons semi-élastiques à leur moteur électrique et pouvant refouler à 20 kg de pression.

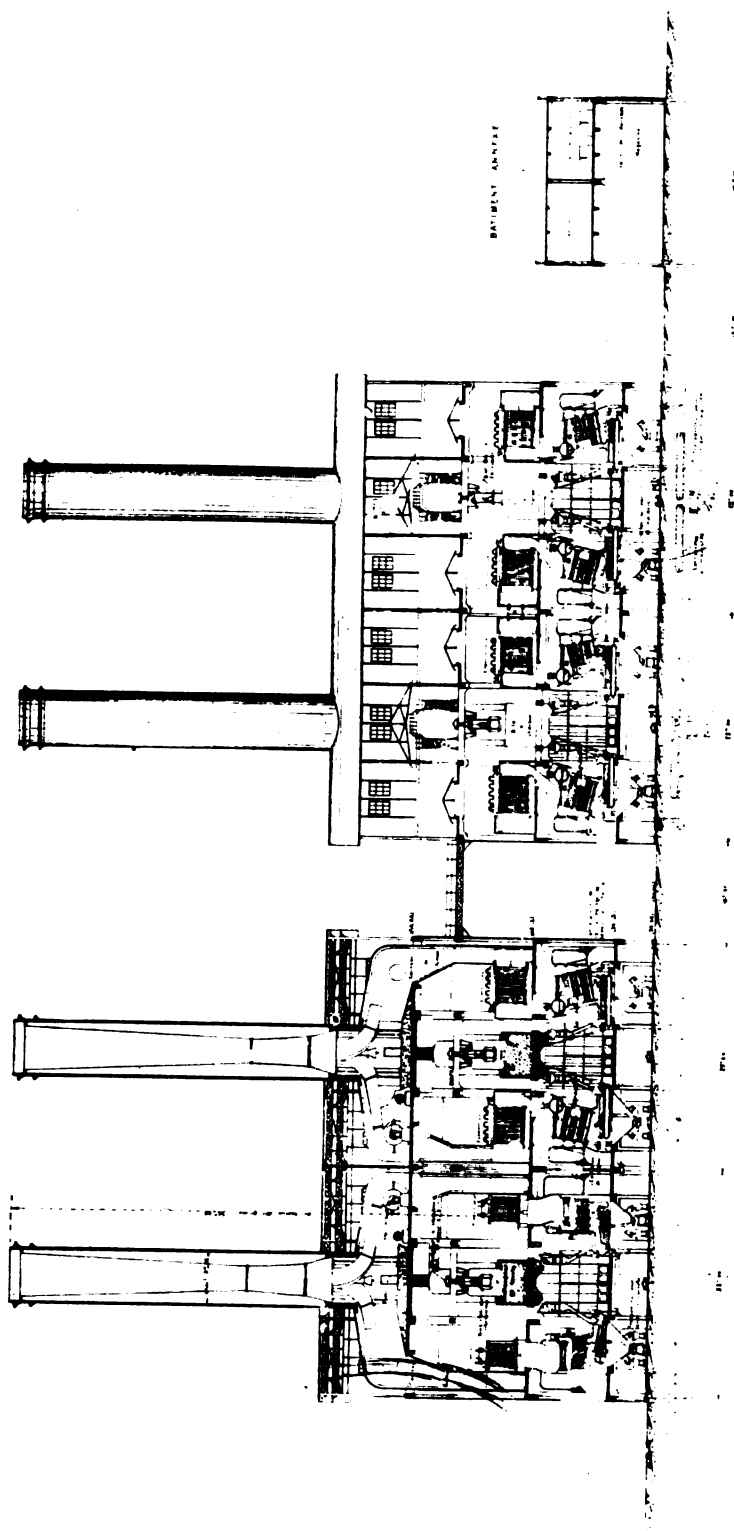


Fig. 8. — Coupe transversale des chaufferies suivant l'axe des cheminées.

» Ces pompes sont au nombre de 4 à l'usine Nord et de 3 à l'usine Sud (fig. 9).

» Leur secours est assuré par des pompes de même type de 180 m<sup>3</sup> (2 à l'usine Nord et 1 à l'usine Sud) accouplées directement à des turbines à vapeur Brown-Boveri-Parsons à l'usine Nord, Zoelly-Schneider à l'usine Sud dont l'échappement se fait à l'air libre à travers des réchauffeurs d'eau d'alimentation, ce qui leur assure une consommation effective de vapeur de 4,900 kg par cheval-heure mesurée en eau élevée.

» Toutes ces pompes sont installées dans la salle des pompes.

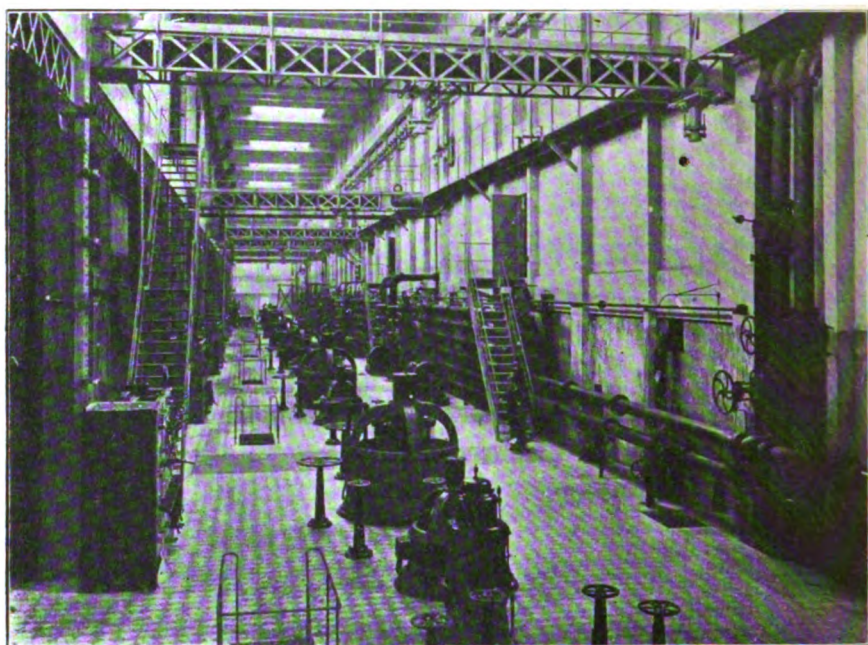


Fig. 9. — Vue d'ensemble de la salle des pompes.

» Les collecteurs d'alimentation normale et de secours, d'arrosage et d'incendie, de communication des châteaux d'eau et de vidange des chaudières sont disposés en nappe verticale le long du mur des chaufferies dans la salle des pompes, de manière à être parfaitement visibles et accessibles.

» Les pompes alimentaires disposées le long de cette nappe refoulent, par l'intermédiaire de bouteilles de distribution, dans l'une quelconque des deux branches du collecteur bouclé d'alimen-

tation normale ou dans le collecteur simple de secours, l'eau qu'elles aspirent dans les bâches alimentaires (d'une contenance de 200 m<sup>3</sup> par élément de 25 000 kw non compris les citernes) placées en charge de l'autre côté du mur au rez-de-chaussée des chaufferies.

» Les pertes du circuit de l'alimentation sont compensées par les eaux de Seine dont l'épuration est assurée par des épurateurs Desrumaux au nombre de 2 pour chaque usine, capables de débiter chacun 20 m<sup>3</sup> à l'heure à l'usine Nord, 10 m<sup>3</sup> à l'usine Sud.

» *Contrôle.* — Le contrôle de la combustion et de la production de vapeur est assuré, indépendamment des analyses de laboratoire et des appareils indicateurs de chaque chaudière, par la centralisation et l'enregistrement, dans la cabine du chef de chauffe de l'usine, des indications relatives à la pression et à la température de la vapeur et à la dépression dans les carneaux principaux de chaque file de chaudières.

#### SERVICE DU COMBUSTIBLE.

» Le service du combustible comporte, tant pour l'amenée du charbon que pour l'enlèvement des cendres et mâchefers, trois subdivisions en quelque sorte distinctes :

» 1<sup>o</sup> La manutention intérieure, c'est-à-dire les transports correspondant à chaque rue de chauffe considérée isolément et avec des silos de réserve;

» 2<sup>o</sup> La liaison avec la voie ferrée;

» 3<sup>o</sup> La liaison avec la Seine.

» *Manutention intérieure.* — La manutention est assurée, dans chaque rue de chauffe, par un convoyeur général à godets d'un débit de 50 tonnes à l'heure, doublé à titre de secours par un palan transbordeur à bonne piocheuse d'un débit de 25 tonnes.

» Le convoyeur, disposé dans le plan vertical de l'axe de chaque rue de chauffe, fait le tour de la chaufferie et des silos de réserve. Son brin inférieur passe dans la chaufferie au niveau du rez-de-chaussée, il est logé à la sortie des chaufferies dans une galerie

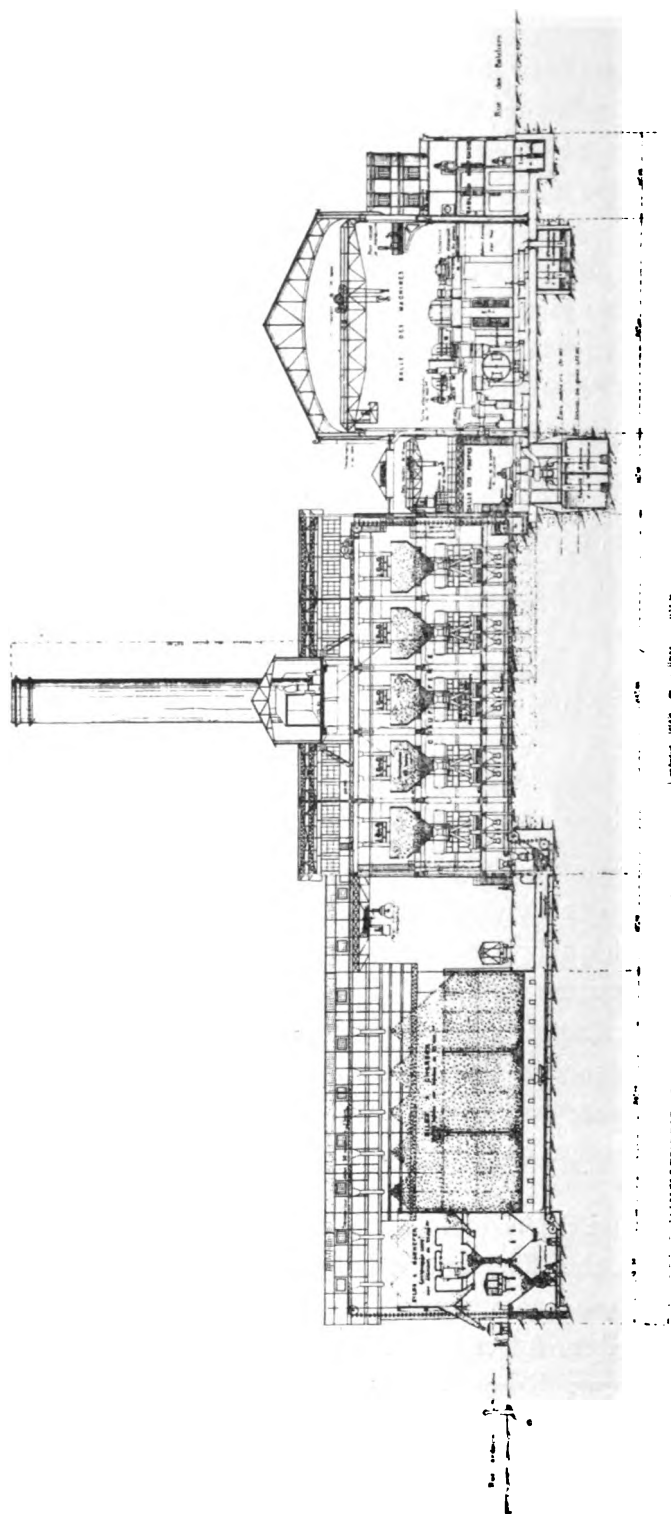


Fig. 10. — Usine Nord. Coupe suivant l'axe d'une chaufferie, échelle :  $\frac{1}{200}$ .



souterraine de 2,70 m de largeur sur 2 m de hauteur établie sous les silos (*fig. 10*).

» Le chemin de roulement du brin supérieur est installé sur une passerelle à laquelle sont en même temps fixés les rails du palan transbordeur.

» Qu'il provienne de la benne du palan ou du convoyeur, le charbon se déverse dans des silos de consommation courante qui occupent la travée centrale de chaque rue de chauffe à l'étage des économiseurs.

» Ces réservoirs sont au nombre de 5 par rue de chauffe. Ils ont chacun 60 tonnes de capacité et alimentent chacun les grilles des deux chaudières symétriquement placées par l'intermédiaire de deux bascules automatiques Avery et de goulottes de descente.

» Des indicateurs de niveau à contact électrique avertissent les chauffeurs lorsque la réserve de combustible d'un silo devient insuffisante et leur permettent ainsi d'aviser en temps utile le service de manutention.

» *Silos de réserve.* — Les silos de réserve correspondant à l'élément de 25 000 kw sont divisés en 6 compartiments correspondant 3 par 3 à une rue de chauffe et présentant chacun une arête inférieure formée, le long du tunnel du convoyeur correspondant, par la rencontre de deux glacis à 38° assurant la descente automatique du charbon vers les orifices d'écoulement du charbon dans les godets du convoyeur.

» Les silos de réserve qui couvrent une superficie de 1350 m<sup>2</sup> pour un élément de 25 000 kw sont construits en béton armé. Ils peuvent contenir environ 11 000 tonnes par élément. Chaque compartiment mesure 220 m<sup>2</sup> de superficie, à une hauteur de 11,50 m et le charbon peut y atteindre une hauteur de 15 m.

» L'emmagasinement de telles quantités de combustibles sur des épaisseurs considérables entraînant nécessairement le risque d'incendie, on a installé dans chaque compartiment des buses d'injection placées à mi-hauteur le long des glacis et par lesquelles il est possible d'attaquer le feu au moyen de jets d'eau alimentés par une canalisation d'incendie à 20 kg de pression qui ceinture les bâtiments.

» Le charbon pris par le convoyeur général, à son arrivée au droit des silos, peut être mené directement aux chaufferies ou versé dans les silos de réserve.

» Dans ce dernier cas la reprise s'effectue au moyen de valves ménagées au plafond de chaque tunnel et sous lesquelles peut circuler un distributeur mobile permettant le chargement des godets des brins inférieurs du convoyeur.

» *Service des cendres et mâchefers.* — Le service des cendres, mâchefers et charbon non brûlé, est assuré par des transporteurs à tablier, d'un débit de 50 tonnes à l'heure, qui sont disposés sous chaque file de chaudières et qui, par l'intermédiaire d'autres tabliers perpendiculaires, ramènent les résidus de la combustion, dans l'axe de la rue de chauffe correspondante, au convoyeur général à godets. Le chargement de celui-ci s'effectue à travers un broyeur à mâchefer disposé dans une fosse dont le radier se raccorde avec celui du tunnel du convoyeur sous silos.

» Avant d'être envoyés à l'usine à briques dont il sera question plus loin, les mâchefers chargés sur le convoyeur général de la rue de chauffe sont mis en dépôt dans des silos spéciaux à mâchefer placés à l'arrière des silos à charbon à l'usine Nord et sur le côté de ces silos à charbon à l'usine Sud.

» La manutention intérieure du combustible exige dans cette dernière usine, par suite des dispositions particulières des lieux, une série de trois convoyeurs à godets supplémentaires perpendiculaires aux convoyeurs généraux des rues de chauffe.

» *Liaison avec la voie ferrée.* — Les liaisons avec la voie ferrée sont totalement différentes aux deux usines à cause des sujétions locales (*fig. 11 et 12*).

» A l'usine Nord, le raccordement par voie ferrée est réalisé entièrement à niveau. Il comporte deux points de soudure avec les voies de la Compagnie du Nord. L'embranchement normal se fait du côté de la Seine. La voie principale se détache de la ligne de Saint-Ouen, pénètre en courbe dans le terrain de l'usine et se dirige le long de la rue Ardouin pour se raccorder de nouveau au chemin de fer à l'aval de la gare des Docks.

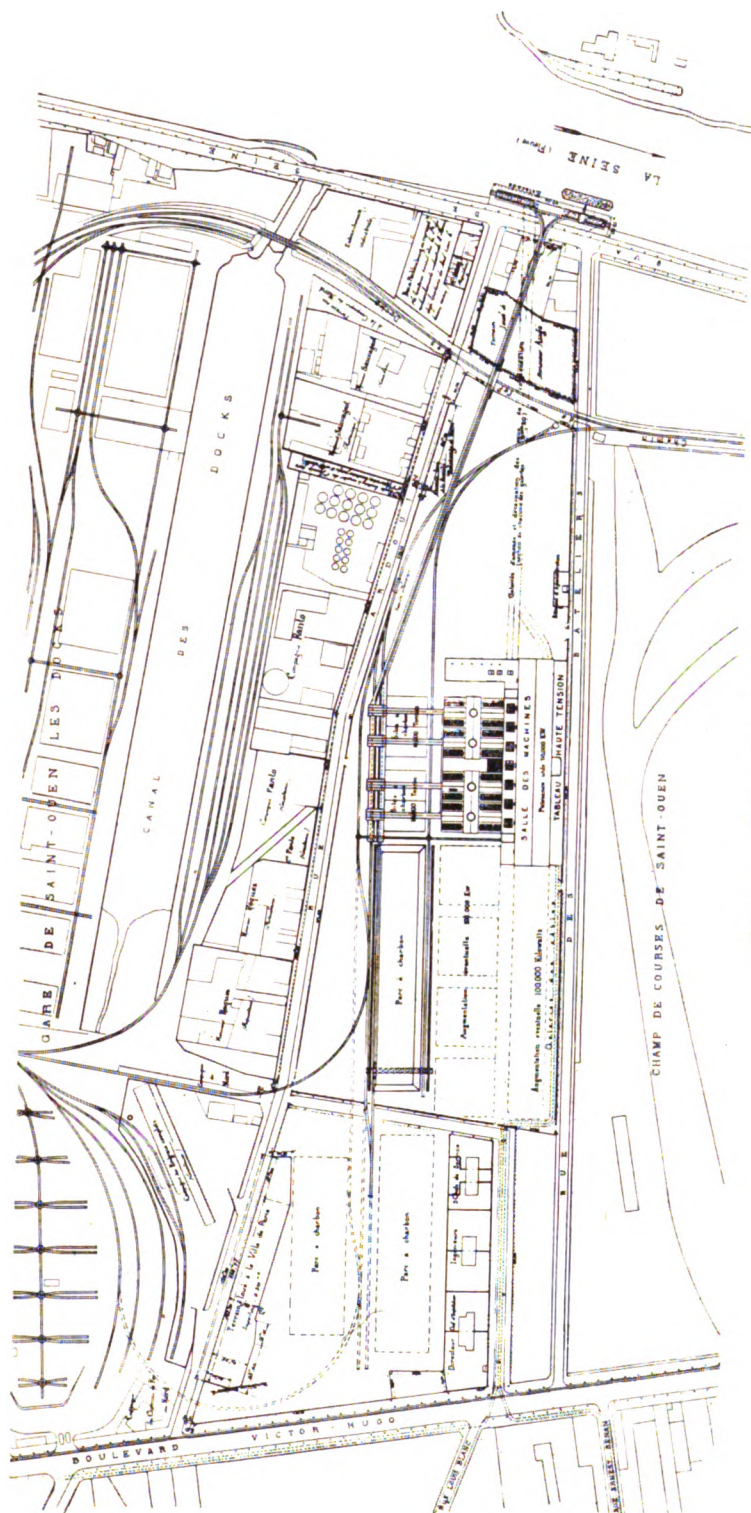


Fig. 11. — Plan terrier, usine Nord.

» Trois voies de service se détachent de la voie principale.

» Deux d'entre elles permettent d'amener les wagons de charbons au droit de 4 doubles jeux de trémies desservant 2 par 2 les 4 convoyeurs généraux des chaufferies; l'un de ces jeux de trémies comporte un broyeur en prévision de l'emploi du tout-venant.

» Ces deux voies permettent également de recevoir sur wagons les mâchefers préalablement mis en silos.

» La troisième voie est destinée en principe à la manœuvre des wagons vides.

» Une quatrième voie de secours, qui passe entre les silos et les chaufferies, peut être utilisée pour le déchargement du combustible au moyen des palans de secours des rues de chauffe.

» L'ensemble des voies se prolonge du côté extension de l'usine en prévision de l'installation d'un parc à charbon permettant d'accroître les réserves de combustibles.

» A l'usine Sud, la liaison avec la ligne de Paris à Versailles se fait en viaduc à 4,75 m au-dessus du sol. Ce viaduc longe les silos et les chaufferies et arrive au droit de trois doubles trémies de déchargement qui sont situées parallèlement aux rues de chauffe au lieu d'être perpendiculaires à ces rues.

» Toutes la différence avec l'usine Nord réside dans cette situation des lieux qui oblige à effectuer la manutention par l'intermédiaire de l'un ou l'autre des trois convoyeurs supplémentaires perpendiculaires au convoyeur principal normal des rues de chauffe.

» Aux deux usines, les salles des machines sont, bien entendu, reliées au chemin de fer par une voie spéciale desservant les ponts roulants de 50 tonnes qui y sont installés.

» *Liaison avec la Seine.* — Ici encore les conditions du problème étaient différentes aux deux usines.

» A l'usine Nord, on a réalisé les transports entre la Seine et l'usine au moyen de trémies automotrices électriques.

» Les grues à benne piocheuse, qui circulent sur l'appontement en béton armé établi en Seine, déchargent le charbon dans des trémies-magasin sous lesquelles roulent, suivant le débit, une ou deux trémies automotrices électriques.

» Un viaduc supporte, à 6 m au-dessus du sol, la voie ferrée

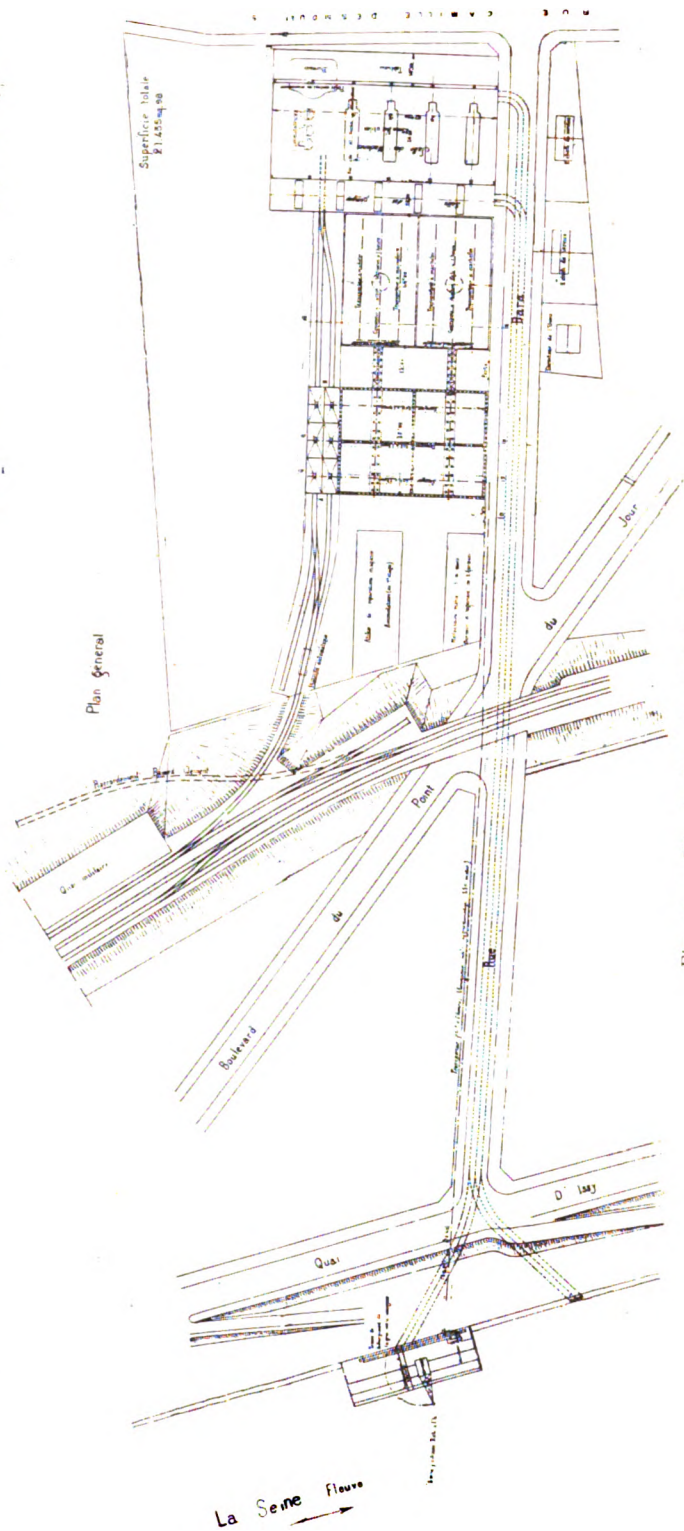
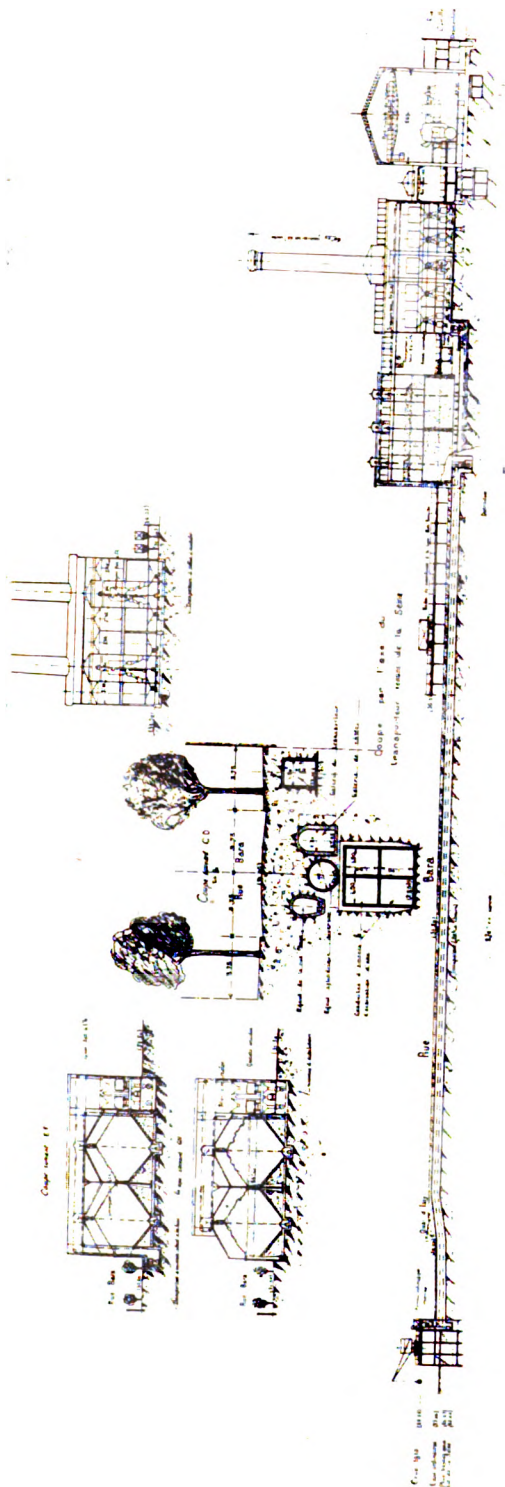


Fig. 13. — Plan terrier, usine Sud-Ouest.

de ces trémies automotrices et son rail de prise de courant, et raccorde l'appontement aux silos en franchissant le quai de Seine et la ligne des Docks.

» Chaque trémie automotrice assure un transport horaire de 50 tonnes, elle déverse le charbon dans les trémies situées à l'arrière des silos en alimentant à volonté chacun des convoyeurs longitudinaux des rues de chauffe.

» Des indicateurs de niveau à contact électrique permettent au wattmann des trémies automotrices de connaître l'état de charge des trémies-magasins, et le wattmann provoque de sa cabine l'ouverture des trappes de chargement.

» A l'usine Sud, le transport du charbon venant par eau a dû être réalisé par un convoyeur souterrain qui passe sous la rue Bara. Le chargement de ce convoyeur se fait sur l'appontement par l'intermédiaire d'un transporteur à tablier alimenté par une grue piocheuse.

» *Utilisation des mâchefers (usine à briques).* — Toutes les dispositions ont été prises pour qu'aux deux centrales on puisse, à l'aide des appareils installés, enlever les mâchefers soit par wagons, soit par bateau, soit par tombereau.

» Mais on a jugé avantageux l'installation d'usines à briques sur les terrains des centrales. Ces usines occupent à Saint-Ouen et à Issy-les-Moulineaux les superficies respectives de 3000 et 1500 m<sup>2</sup>.

#### SERVICE DE LA PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE.

» *Turbo-alternateurs.* — Les considérations qui ont été développées précédemment ont conduit à assurer la production de l'énergie électrique par des groupes turbo-alternateurs capables de fournir 12 500 kw pendant la pointe et entièrement autonomes.

» Les groupes turbo-alternateurs, installés d'après cette conception dans les deux usines au nombre de 11, comprennent (*fig. 13 et 14*):

» A l'usine Nord : 5 turbines mixtes Brown-Boveri-Parsons à admission centrale et à deux échappements, dont 3 construites par la Compagnie électromécanique, directement accouplées à trois alternateurs des Ateliers de Constructions électriques du Nord





Fig. 13 — Vue d'ensemble de la salle des machines.

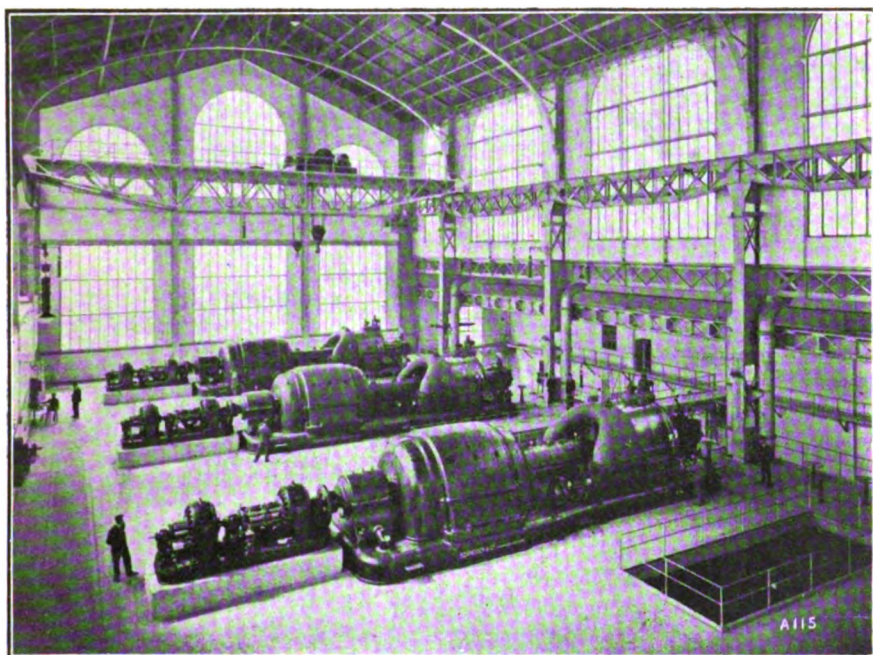


Fig. 14 — Vue intérieure de la salle des machines.

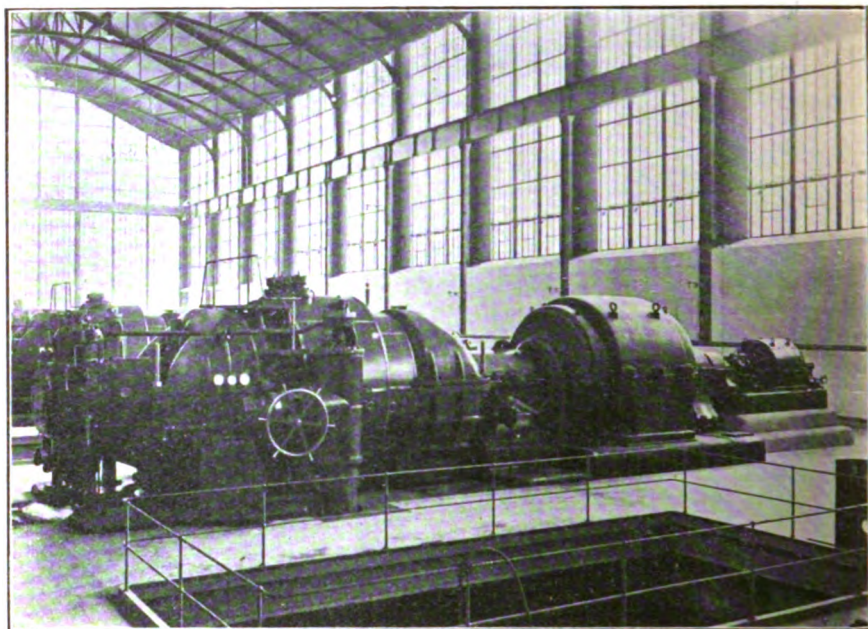


Fig. 15. — Turbo-alternateur, A. C. E. N. E. Jeumont.

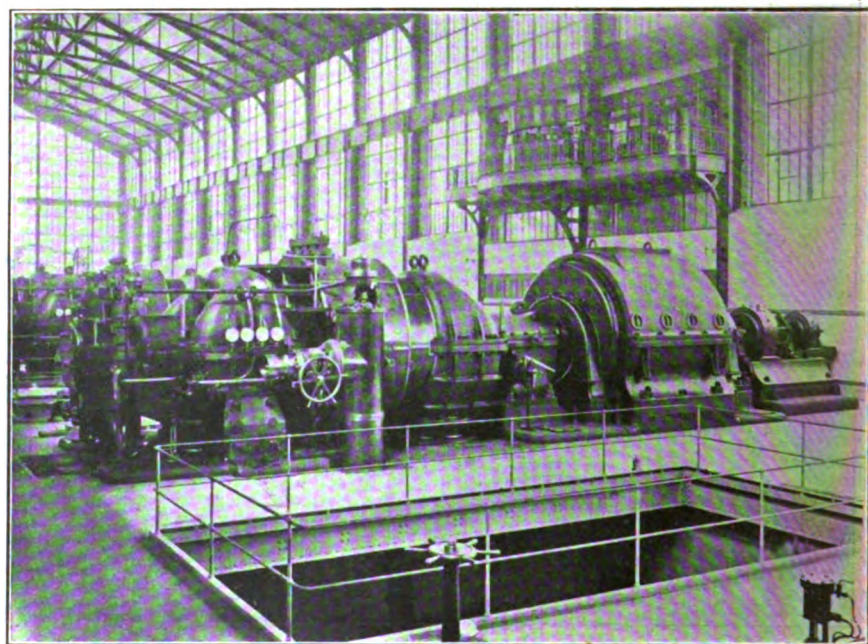


Fig. 16. — Turbo-alternateur. Fives-Lille.



et de l'Est (*fig. 15*), et 2 construites par Fives-Lille accouplées à deux alternateurs de cette Société (*fig. 16*);

» 2 turbines d'action système Zoelly-Société Alsacienne accouplées à deux alternateurs de cette Société (*fig. 17*);

» 1 turbine d'action système Rateau directement accouplée à un alternateur de la Compagnie de Fives-Lille.

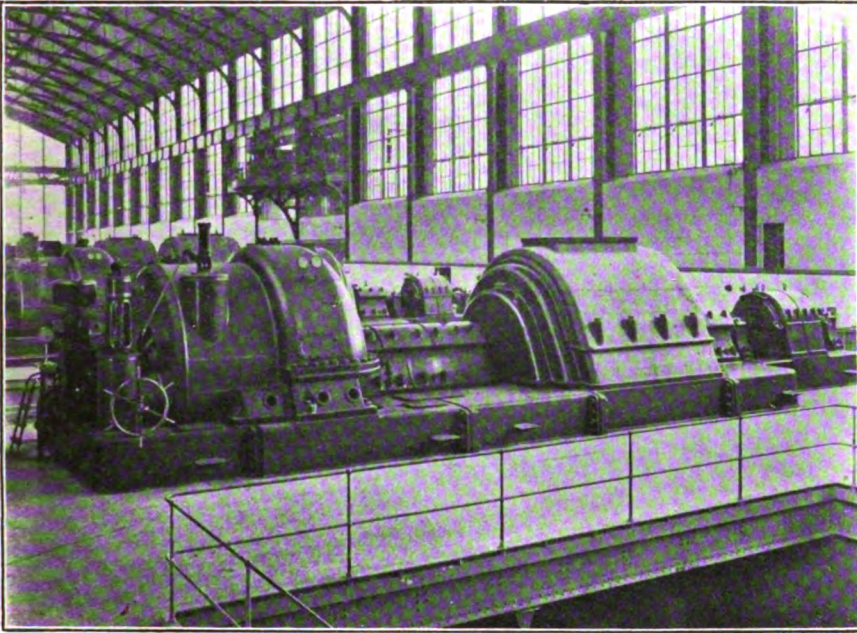


Fig. 17.— Turbo-alternateur, Société Alsacienne.

» A l'usine Sud-Ouest : 3 turbines d'action système Zoelly-Schneider (*fig. 18*) directement accouplées à trois alternateurs Schneider.

» Tous ces groupes, alimentés avec de la vapeur à 13 kg surchauffée à 300° et tournant à 1255 tours par minute, fournissent aux bornes de l'alternateur clos et convenablement ventilé une puissance utile normale de 10 000 kw, atteignant pendant 2 heures 12 500 kw et pendant une demi-heure 15 000 kw, sous forme de courant diphasé 12 300 volts  $41 \frac{2}{3}$  périodes.

» La turbine et l'alternateur sont réunis par un accouplement rigide; un accouplement semi-élastique permet à l'alternateur

de commander l'excitatrice auto-excitatrice à réglage de champ et la dynamo spéciale à 220 volts à pôles de commutation alimentant les moteurs électriques des pompes de la condensation.

» Chaque groupe électrogène possède son propre condenseur à surface d'environ 2000 m<sup>2</sup>, ses pompes de circulation système Rateau munies d'éjecteurs à vapeur pour l'amorçage et ses pompes

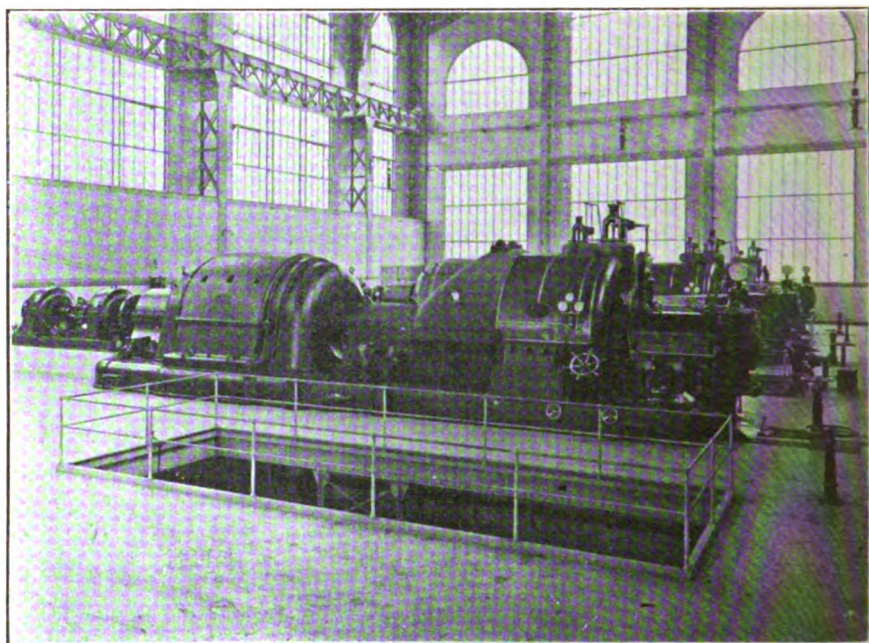


Fig. 18. — Turbo-alternateur Schneider et Cie.

à eau condensée type Westinghouse-Leblanc. Les deux pompes sont conduites par deux moteurs 220 volts directement accouplés, d'une puissance respective de 270 et 170 chevaux. Le matériel permet de maintenir un vide de 94 pour 100 de la pression barométrique, la turbine fournissant 15 000 kw avec la vapeur à 300°. Un clapet automatique et une tuyauterie d'échappement à l'air libre complètent l'installation.

» Les groupes ainsi constitués ont une consommation de vapeur garantie de 5,950 kg à toutes les allures supérieures à 10 000 kw et cette consommation se maintient à 6,700 kg à demi-charge et 8 kg à quart de charge.

» Il y a lieu de remarquer que cette consommation comprend le

travail des auxiliaires de l'excitation et de la condensation, qui est d'ailleurs fourni avec un rendement maximum dans la disposition des groupes autonomes puisqu'il est fourni directement par le groupe, sans transformation.

» Les turbo-alternateurs sont disposés dans la salle des machines sur un plancher situé à 7 m en contre-haut du niveau du sol. Cette hauteur a été imposée par les dimensions du condenseur au-dessus duquel se trouve placée la turbine.

» L'écartement entre les groupes, de 14 m à l'usine Nord et 12 m à l'usine Sud, permet de sortir les tubes du condenseur et en cas de besoin le condenseur lui-même placé perpendiculairement aux turbines.

» Les culottes d'échappement des turbines sont réunies aux tubulures des condenseurs par l'intermédiaire de joints de dilatation.

» Les prises de vapeur munies de séparateurs d'eau et de vapeur viennent se brancher sur le collecteur de 390 mm en acier placé sous le plancher le long de la salle des pompes; toutes les vannes sont commandées à côté des machines. Ce collecteur de vapeur comporte à l'usine Nord des coudes de dilatation en tôle ondulée système Maciejewsky et à l'usine Sud-Ouest des joints spéciaux Luc-Denis. Il est alimenté, à travers les sacs à eau, par les boucles de 300 mm des chaufferies qui traversent la salle des pompes sous des passerelles transversales permettant la communication entre la salle des machines et les chaufferies.

» Les clapets automatiques d'échappement à l'air libre, placés sous le plancher des turbines en dérivation sur les tubulures d'arrivée de vapeur aux condenseurs, se raccordent à deux tuyauteries verticales en tôle de 580 mm gagnant la toiture en suivant les piliers du hall.

» Sous ce plancher sont également placés en charge, sur les bâches alimentaires auxquelles ils sont réunis par une tuyauterie de 200, des compteurs Lea Recorder montés dans le circuit d'eau condensée de chaque turbine.

» *Condensation.* — Les pompes de circulation puisent l'eau dans des galeries d'aspiration dont l'emplacement détermine en plan la salle des pompes. On a fait reposer sur ces galeries, à 5 m au-dessous



du niveau des grandes eaux, les diverses pompes verticales dont la hauteur d'aspiration est ainsi limitée à 5 m en cas de débâcle de glaces (*fig. 19*).

» On a eu soin de placer au-dessus des crues, sur le sol de la salle des pompes et des machines, les moteurs électriques qui comman-

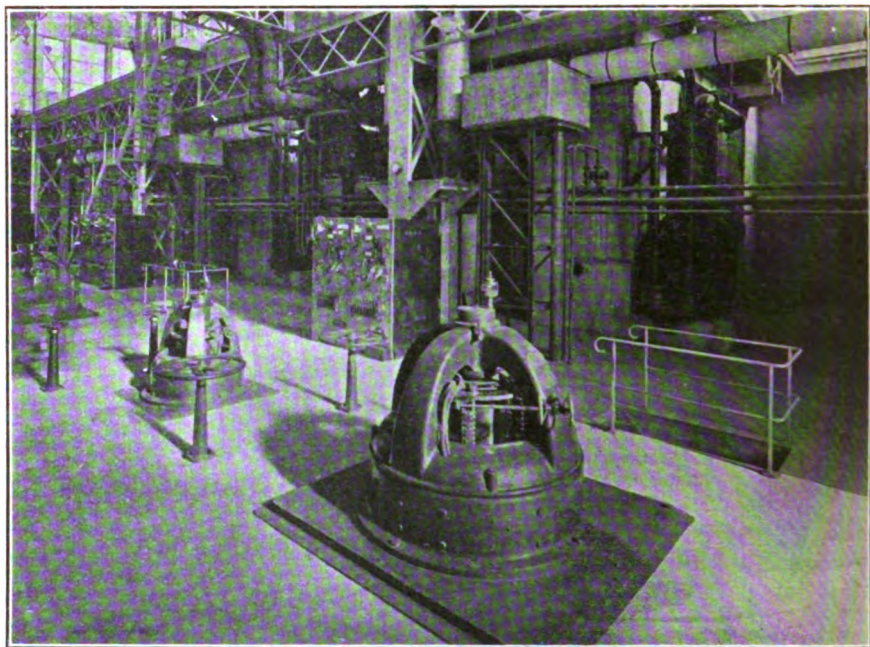


Fig. 19. — Moteurs et tableau des pompes de condensation.

dent les pompes par arbre vertical. On a ainsi mis complètement à l'abri ces moteurs et l'appareillage délicat des tableaux, en se contentant, par des précautions spéciales, de rendre pratiquement étanches les sous-sols où se trouvent les pompes d'une part, les tuyauteries d'autre part. C'est ainsi qu'en cloisonnant transversalement l'espace compris entre le dessus des galeries d'eau et le plancher de la salle des pompes, on a constitué pour chaque groupe un puits d'aspiration indépendant et pour l'ensemble des pompes de chaque groupe une chambre souterraine en béton armé, en quelque sorte blindée et tout au moins pratiquement étanche.

» Toutes les tuyauteries de la condensation et en particulier les grosses tuyauteries de 900 mm qui aboutissent aux galeries d'évacuation à la sortie des condenseurs sont logées dans un sous-

sol placé à 2 m au-dessous de la coté de sécurité et qui règne sous toute la longueur de la salle des machines.

» Ici encore des cloisonnements transversaux séparant le matériel de chaque groupe ont été établis dans ce sous-sol et tout a été disposé de façon à obtenir une étanchéité pratique. Par précaution supplémentaire l'écoulement des eaux d'infiltration éventuelle est assuré vers les chambres des pompes dans chacune desquelles se trouve un puisard muni d'un éjecteur à vapeur ( $30 \text{ m}^3$  à l'heure).

» *Ventilation des alternateurs.* — La partie de l'étage des condenseurs non occupée par ceux-ci constitue un collecteur général d'aspiration d'air frais alimenté par ses deux extrémités; elle est à cet effet séparée par une cloison longitudinale de la salle proprement dite des condenseurs et présente une section utile de  $30 \text{ m}^2$  environ pour un débit de  $54\,000 \text{ m}^3$  à l'heure par alternateur.

» Chaque alternateur possède son filtre à air de  $750 \text{ m}^2$  environ de surface. L'air chaud qui sort de la machine est refoulé dans l'espace libre qui existe entre les chambres cloisonnées des tuyauteries de chaque groupe et qui aboutit à une gaine verticale de 1 m de largeur environ constituée par une double cloison qui sépare la salle des machines du bâtiment des tableaux sur toute la hauteur de ce dernier.

» Les connexions entre les alternateurs et le tableau sont placées au plafond de la galerie d'air et pénètrent dans le bâtiment du tableau où sont réunis tous les appareils de coupure et de protection.

» *Tableau.* — L'énergie produite par les alternateurs est distribuée dans Paris par des feeders au nombre de 32 à l'usine Nord et de 16 à l'usine Sud (*fig. 20*).

» Indépendamment des deux jeux de barres indépendants sur lesquels chaque alternateur peut débiter, on a ajouté pour chaque alternateur et pour chaque groupe de 4 feeders un système de ponts comportant deux disjoncteurs à maximum et permettant de brancher instantanément un alternateur ou un groupe de feeders quelconques sur l'un ou l'autre des jeux de barres. Un pont spécial affecté aux départs vers la sous-station de l'usine permet également de prendre celle-ci sur l'un ou l'autre jeu de barres.

» Outre ces barres générales, un jeu de barres d'essai aboutissant à un rhéostat liquide permet l'essai d'un alternateur quelconque et un autre jeu de barres spécial permet l'essai d'un feeder quelconque et de mise sous tension progressive.

» Le schéma montre la place dans les circuits des appareils de protection.

*Appareillage.* — Les installations des tableaux ont été faites par la Société industrielle des Téléphones à l'usine Nord, par Schneider à l'usine Sud.

» Tous les appareils de coupure automatique ou commandés à distance sont constitués par des appareils dans l'huile, les fusibles contenus dans des cartouches en porcelaine, les disjoncteurs dans des bacs en tôle d'aciers (2 par phase).

» Tous les disjoncteurs des machines ou des feeders branchés directement sur les barres générales, quelle que soit leur puissance normale (200 à 750 ampères) doivent couper sans dommage tous les courts circuits possibles, sous trois alternateurs en parallèle, et sont par conséquent du même type.

» Ces appareils sont munis de relais à temps réglables, de 0 à 15 secondes pour des surcharges variables de 50 à 150 pour 100 de la charge normale. Ils sont à rupture brusque et à grande capacité d'huile, de façon à obtenir la plus grande rapidité de déclenchement et d'extinction de l'arc.

» La protection contre les courts circuits intérieurs des alternateurs est assurée par des disjoncteurs à retour de courant à travers lesquels s'effectue la synchronisation et qui sont placés sur l'arrivée de chaque machine, avant le pont correspondant.

» La protection des groupes contre les courts circuits extérieurs est obtenue par l'installation d'un disjoncteur à maximum sur chaque feeder, du disjoncteur du pont du feeder et de ceux des ponts d'alternateurs en service. La synchronisation des commutatrices de la sous-station s'effectue par le moyen d'interrupteurs à huile placés sur les départs et sous la protection du disjoncteur en service du pont correspondant. (*Voir schéma général, fig. 20.*)

» A l'usine Nord un dispositif de mise en parallèle placé au milieu de chacun des jeux de barres permet la séparation ou la synchronisation des deux éléments de 25 000 kw.

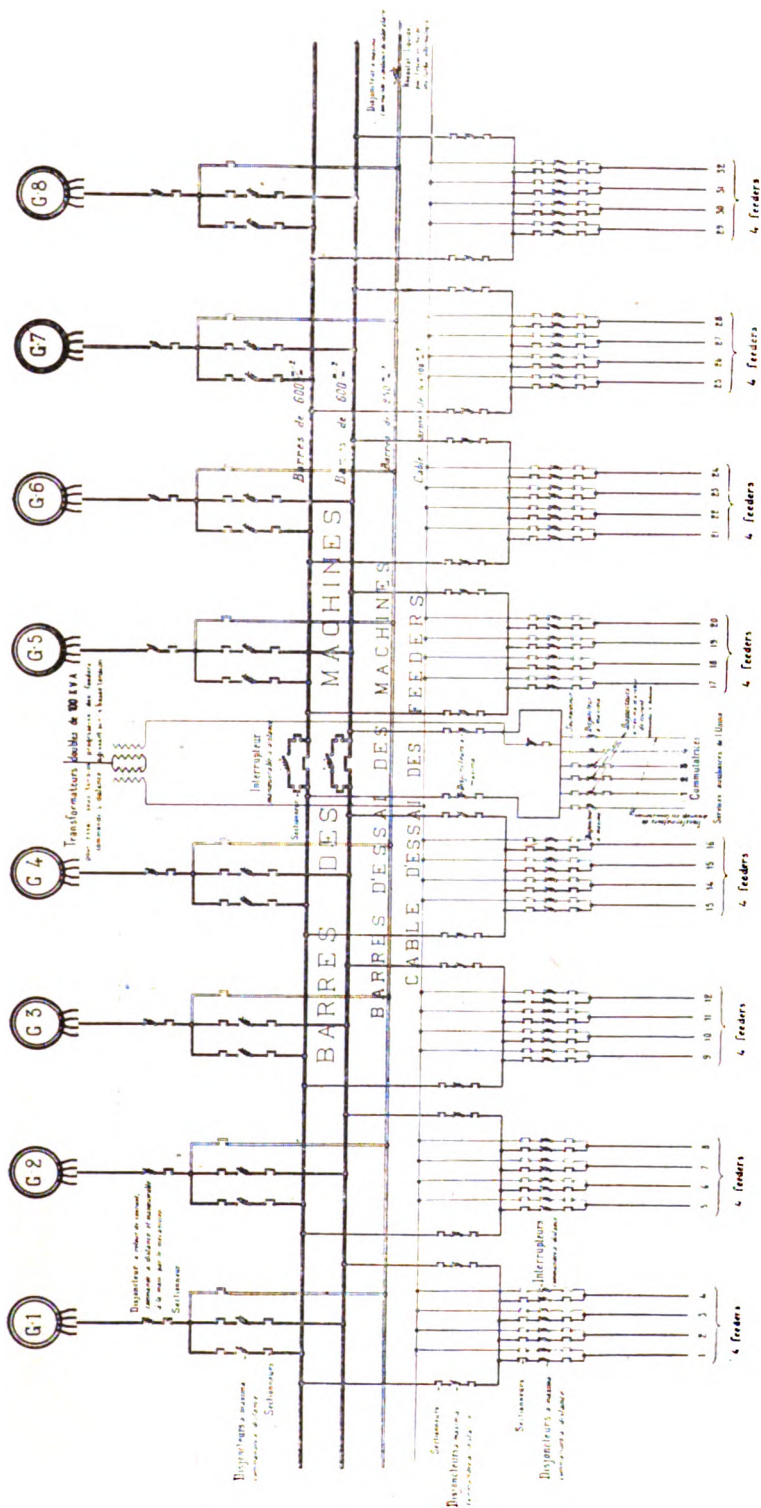


Fig. 20. — Schéma général du tableau de haute tension.



» Tous les disjoncteurs et interrupteurs dans l'huile sont encadrés entre deux jeux de sectionneurs.

» L'installation est protégée contre les surtensions par des limiteurs de tension à jet d'eau aux bornes des alternateurs et à rouleau aux départs des feeders. Les limiteurs de tension à rouleaux sont munis à l'usine Sud de résistances métalliques, tandis qu'à l'usine Nord, ils sont équipés avec des résistances en carborandum en série sur une résistance métallique additionnelle placée entre leur fil de décharge commun et la terre. Pour éviter la répercussion sur le réseau des courts circuits pouvant se déclarer dans les appareils en dérivation (limiteurs ou transformateurs de tension), ceux-ci sont protégés par des fusibles.

» Parmi les deux jeux de barres auxiliaires destinés aux essais

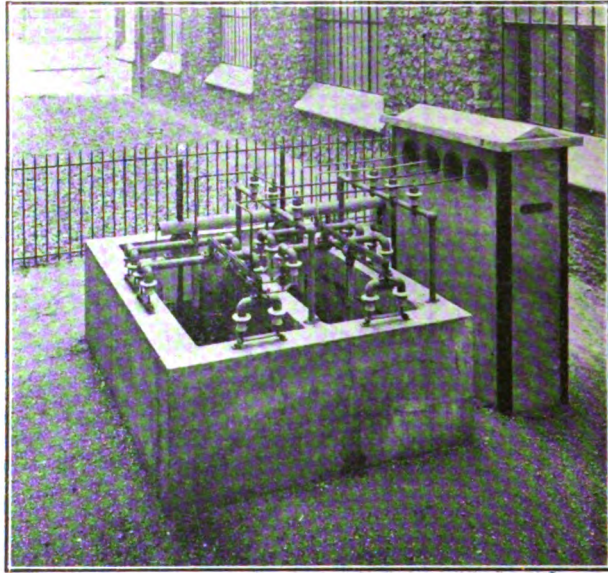


Fig. 21. — Rhéostat liquide.

d'alternateurs et aux essais de feeders, le premier aboutit au rhéostat liquide (*fig. 21*), à travers un disjoncteur à maximum, le second est réuni au pont des services auxiliaires de l'usine à travers un auto-transformateur réglable 1000/12 500 volts (*fig. 22*) et un disjoncteur à maximum.

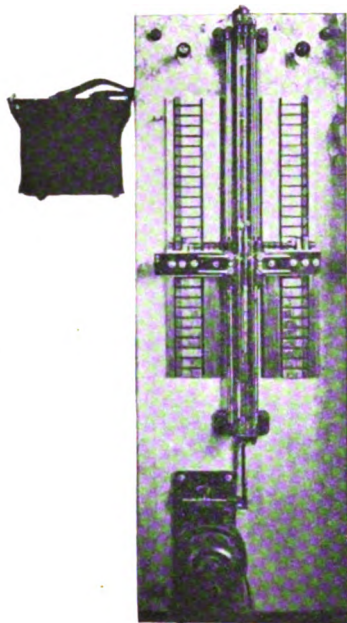
» Enfin la régulation de la tension est assurée dans chaque élément de 25 000 kw par deux régulateurs Routin placés sur



chacun des jeux de barres et actionnant les rhéostats d'excitation des excitatrices des alternateurs correspondants (*fig. 23*).

» *Disposition du bâtiment.* — Le bâtiment du tableau haute tension occupe, du côté opposé à la salle des pompes, toute la longueur correspondant aux machines installées. L'adoption de la commande électrique à distance a permis de lui donner une grande clarté en centralisant simplement les commutateurs de commande à distance des interrupteurs, des rhéostats, etc., avec leurs lampes témoin et les appareils de mesure indispensables à la conduite de l'usine, les appareils eux-mêmes étant placés dans le tableau en principe, en face de l'alternateur correspondant.

» Le bâtiment comprend trois étages.



*Fig. 23.* — Auto-transformateur, appareil de commande.

» L'étage supérieur, au niveau de la salle des machines, contient, groupés par tranches, les disjoncteurs à huile des alternateurs (*fig. 24*), des ponts des feeders des barres générales et du pont des services auxiliaires de l'usine.

» A l'étage intermédiaire se trouvent les deux jeux de barres générales en cuivre nu d'une section de 600 mm<sup>2</sup>, les ponts des

machines, les ponts des feeders et les transformateurs de mesure des machines.

» Le rez-de-chaussée contient les départs de feeders avec leurs disjoncteurs et les départs de commutatrices de la sous-station,

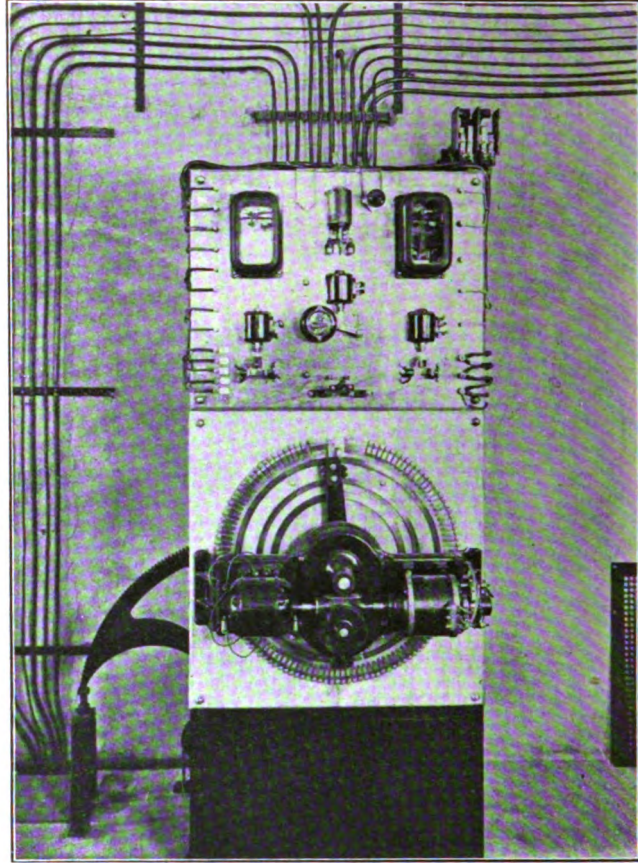


Fig. 23. — Vue arrière du pupitre d'alternateur. (Appareils Routin et rhéostat d'excitation.)

les barres d'essais des feeders, les barres d'essais des machines, les limiteurs de tension hydrauliques des machines, les limiteurs à rouleaux des feeders et les transformateurs de mesure des feeders.

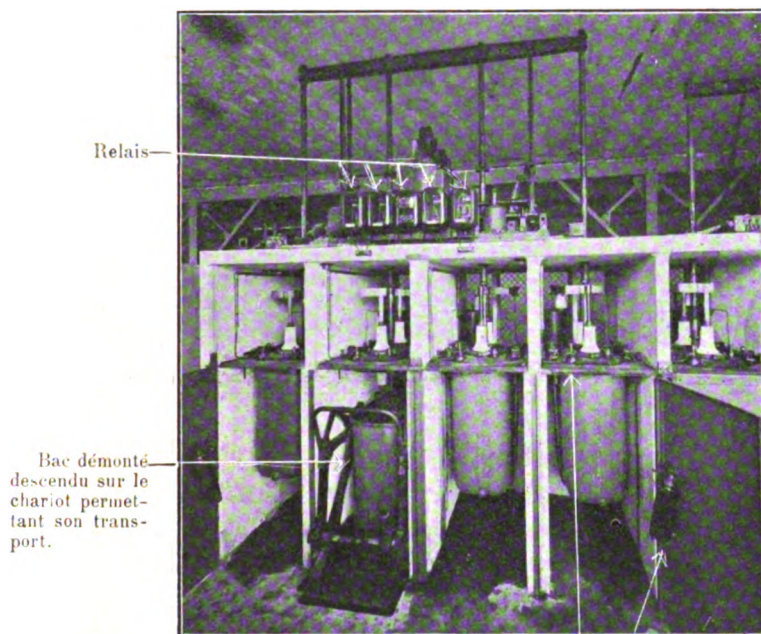
» En sous-sol se trouvent les galeries de câbles qui reçoivent à leur départ du tableau les câbles armés de  $4 \times 100 \text{ mm}^2$  de section qui relient les usines entre elles et aux sous-stations.

» Toutes les connexions sont en barres de cuivre nu; des pan-



neaux grillagés permettent la circulation dans les couloirs d'accès sans risques de contacts accidentels.

» *Précautions contre l'incendie.* — Chacun des bacs des disjoncteurs à huile est enfermé dans une chambre hermétiquement close dont



On voit fixés sur les portes les extincteurs d'incendie et sur les couvercles de chacun des bacs les thermomètres avertisseurs.

Fig. 24. — Ensemble d'un disjoncteur d'alternateur, 5 relais.

l'entrée est fermée par des tôles pleines amovibles formant joint avec les maçonneries latérales et les couvercles de bacs (*fig. 25*).

» Dans chacune de ces enceintes est installé un extincteur au tétrachlorure de carbone, fonctionnant automatiquement dès que la température de l'enceinte dépasse une certaine limite. Outre ces précautions, on a eu soin de ménager des pentes pour écouler à l'extérieur, par des tuyaux de descente, l'huile qui s'échapperait éventuellement des enceintes de chaque bac.

» Enfin pour permettre la surveillance continue de l'huile des disjoncteurs, on a installé dans chaque bac un thermomètre dont les indications sont transmises au poste central de manœuvre où

l'électricien est averti par une sonnerie dès que la température atteint 80°.

» *Centralisation des manœuvres.* — Le poste central de manœuvres, effectivement séparé des appareils sous tension, est installé sur un balcon en saillie dans la salle des machines à 7 m

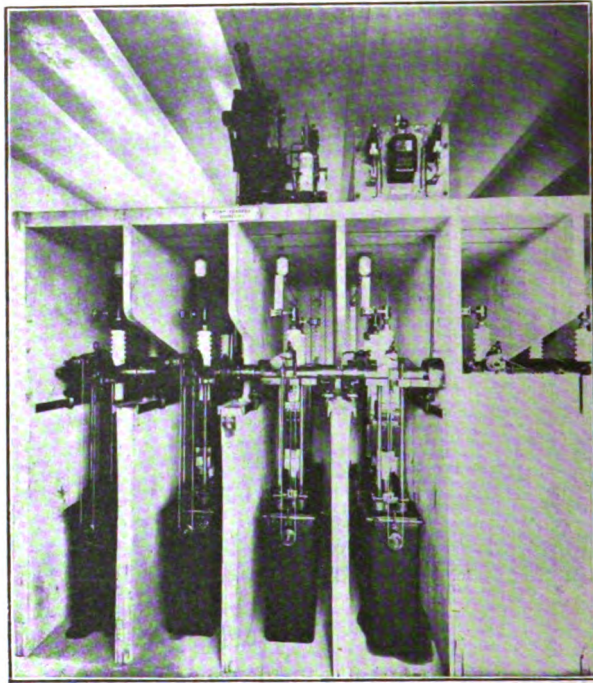


Fig. 25. — Ensemble d'un disjoncteur principal (cuves ouvertes).

de hauteur. Tous les appareils de commande des servo-moteurs des turbines, des rhéostats d'excitation et des interrupteurs ou disjoncteurs de marche y sont réunis avec leurs lampes signaux par tranches séparées par machines sur un pupitre de 1,60 m correspondant aux huit machines; une neuvième tranche centrale correspond au sectionnement des barres. Les commandes concernant les ponts des feeders et les feeders sont réunis par feeder sur deux pupitres arrières disposés en arc de cercle. Un petit pupitre spécial réunit les commandes des essais d'alternateurs sur rhéostat liquide et de mise sous tension progressive des feeders (*fig. 26, 27, 28, 29*).



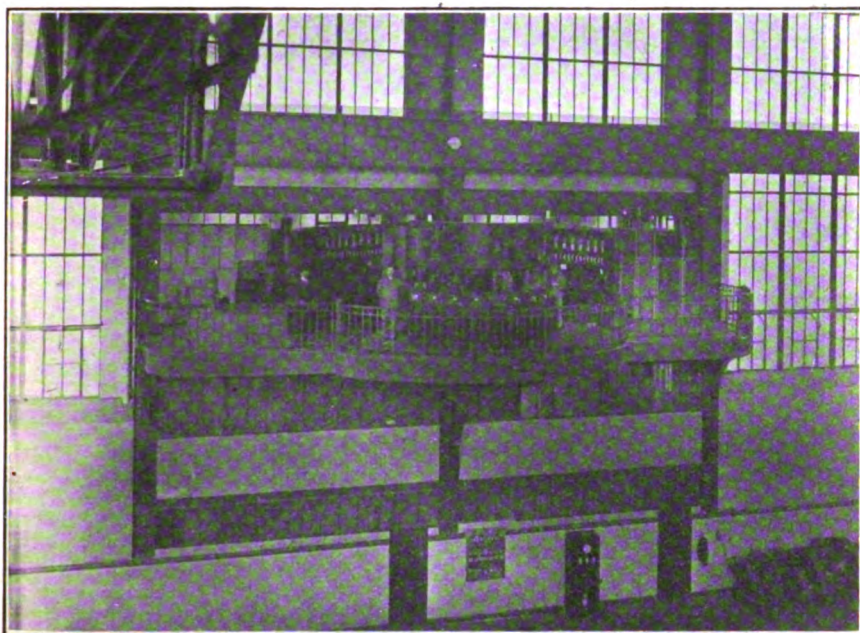


Fig. 26. — Poste central, vue prise de la cabine du pont.

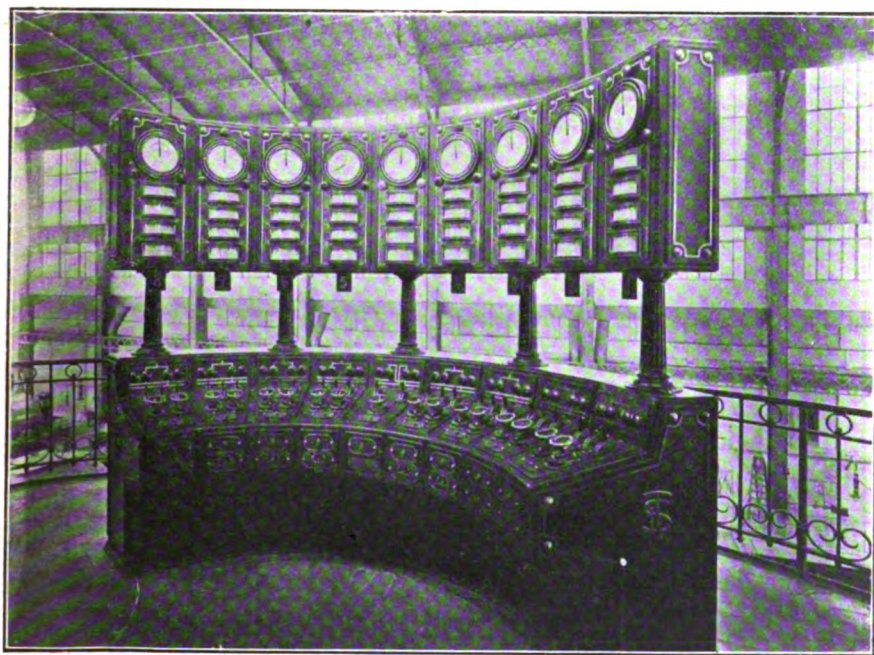


Fig. 27. — Poste central, pupitre des machines.

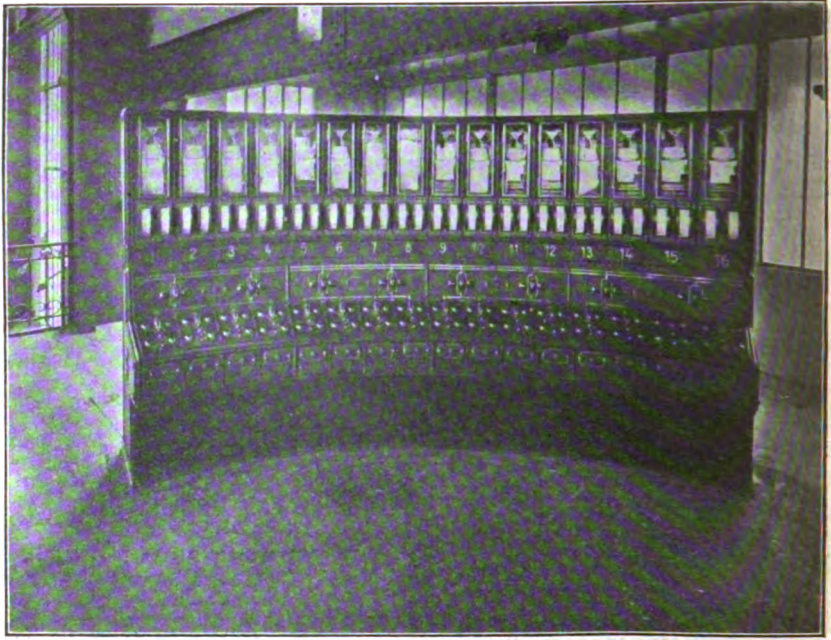


Fig. 28. — Poste central, pupitre des feeders.

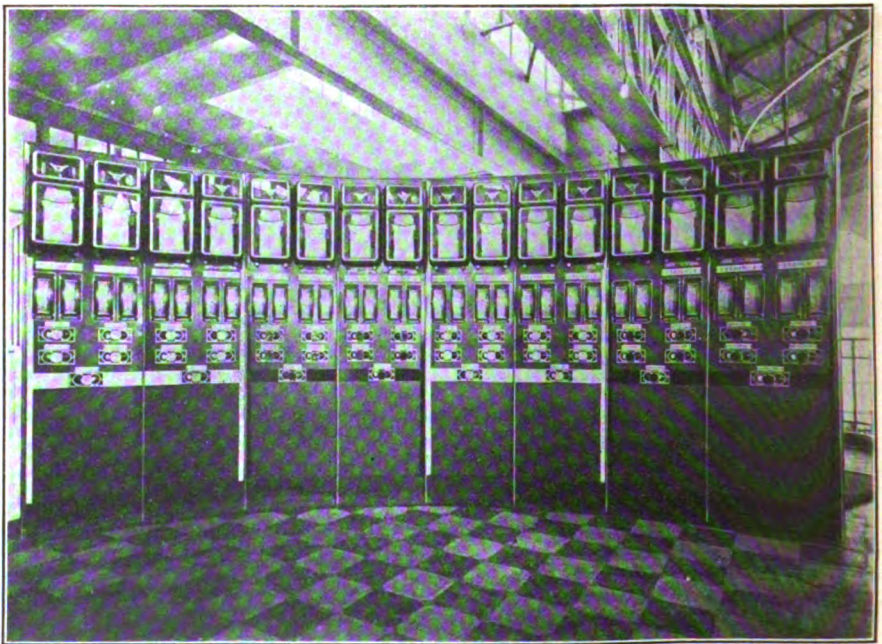


Fig. 29. — Poste central, pupitre des feeders.



» Les appareils de mesure indicateurs et enregistreurs sont installés au-dessus de chaque tranche de machine ou placés sur les panneaux de feeders, les compteurs derrière les panneaux (*fig. 30*). Le chef électricien a ainsi sous les yeux, sans se déranger, tous les appareils de contrôle et de commande. En cas d'avarie au pupitre

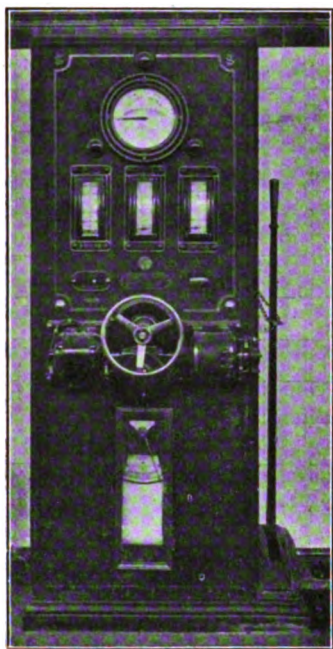


Fig. 30. — Pupitre d'alternateur, colonne de manœuvre. (Usine Nord.)

central ou aux circuits électriques de commande, on a placé dans la salle des machines auprès de chaque machine un poste de manœuvre répétant les indications du pupitre central et portant les appareils de commande nécessaires pour effectuer la synchronisation et le réglage de chaque machine (*fig. 31*).

#### SERVICE DES EAUX DE CONDENSATION.

» L'importance des travaux à exécuter et la relation étroite qu'ils présentent en général avec les fondations des bâtiments d'usine ont conduit à donner aux galeries d'eaux de condensation des dimensions suffisantes pour faire face éventuellement à toutes les extensions ultérieures; il en résulte qu'à l'usine Nord et à l'usine

Sud-Ouest, les prévisions ont dû être faites dans l'éventualité des puissances installées respectives de 150 000 et 50 000 kw correspondant à des débits de 12,500 m<sup>3</sup> et de 4,200 m<sup>3</sup> par seconde respectivement.

» Le chiffre de 12,500 m<sup>3</sup> de l'usine Nord correspond sensible-

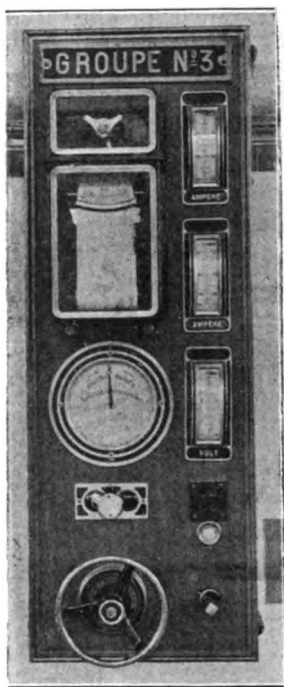


Fig. 31. — Pupitre d'alternateur, colonne de manœuvre. (Usine Sud-Ouest.)

ment au quart du débit du fleuve à l'étiage; on peut juger par là l'importance des travaux qui ont dû être faits.

» L'eau est prise à la Seine et amenée au sous-sol des condenseurs par une double canalisation souterraine en libre communication avec le fleuve. Chaque galerie est calculée pour assurer tout le service de l'usine et peut être isolée pour le curage. Les ouvrages sont en béton armé.

» A l'usine Nord, l'ensemble des deux galeries jumelées séparées par une cloison de 14 à 36 cm d'épaisseur mesure 9,70 m de largeur extérieure sous la salle des pompes.

» Ces galeries sont fondées à 11,75 m en contre-bas du sol des condenseurs.



» Elles ont été construites de façon à assurer l'entière indépendance des fondations de la salle des machines et des chaufferies.

» L'exécution de ces travaux a été particulièrement longue et difficile; il a fallu, pour établir les galeries d'eau de l'usine Nord, effectuer plus de 110 000 m<sup>3</sup> de déblais, en grande partie sous l'eau, et recourir à des procédés de fondation très spéciaux pour assurer la stabilité de l'ensemble des constructions et éviter, ce qu'on a réussi à faire, des tassements qui eussent pu compromettre le bon fonctionnement des machines.

» Les galeries d'évacuation doubles comme les galeries d'amenée, renvoient les eaux à la Seine à une cinquantaine de mètres en aval de la prise.

» Des dispositions spéciales ont été adoptées pour assurer le filtrage des eaux et la décantation.

» On a constitué en Seine, au droit de la prise d'eau, une vaste chambre de décantation mesurant 15 m de largeur sur 45 m de longueur, dont le radier bétonné est de 0,50 m plus bas que le seuil de prise d'eau.

» Le radier de la chambre comporte lui-même un seuil sur lequel reposent des grilles dégrossisseuses et un double jeu de grilles finisseuses.

» Les premières sont fixes, leur nettoyage s'effectue au moyen de rateaux mobiles commandés mécaniquement.

» Les secondes sont mobiles. Elles peuvent être levées au-dessus de l'eau et sont nettoyés automatiquement par de l'eau sous pression qu'une pompe disposée sur l'appontement refoule à 4 kg dans une tuyauterie placée devant les grilles. Toute la commande se fait électriquement et l'on parvient à effectuer le nettoyage complet des grilles d'une chambre en moins d'une matinée.

#### SERVICES AUXILIAIRES.

» Le choix du courant continu pour assurer tous les services auxiliaires de l'usine a conduit à installer dans chaque usine une sous-station analogue aux sous-stations de Paris.

» Le matériel de sous-station est constitué, à l'usine Nord (*fig. 32*), par trois commutatrices shunt Thomson-Houston de 750 kw, tournant à 356 tours, groupées avec six transformateurs statiques

monophasés à 400 kw à air soufflé, deux batteries d'accumulateurs de 2000 ampères-heure, 230 volts à réducteurs.

» A l'usine Sud-Ouest (fig. 33) par trois commutatrices shunt Schneider de 500 kw tournant à 625 tours, groupées avec six transformateurs statiques monophasés de 275 kw à air soufflé et une

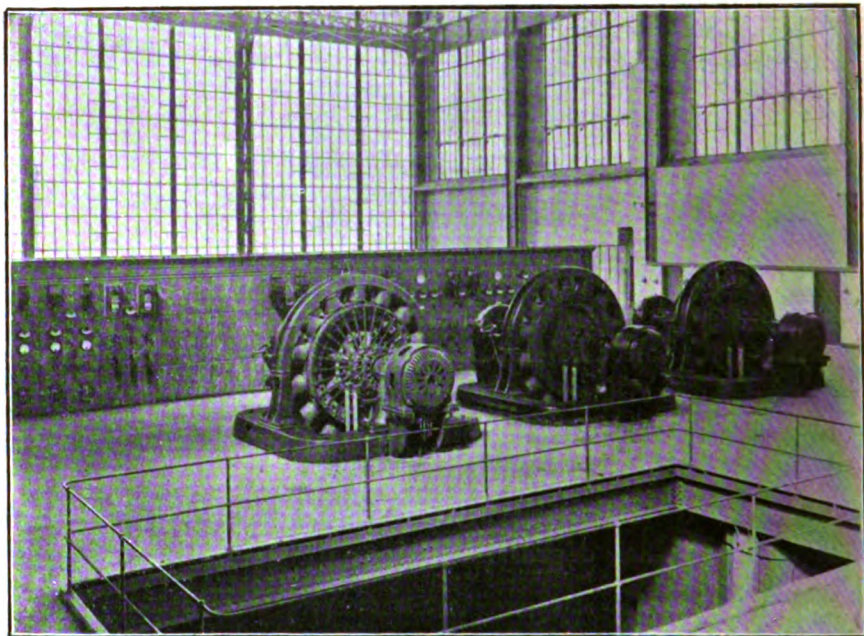


Fig. 32. — Sous-station de l'usine, commutatrices et tableau BT.

batterie d'accumulateurs de 3000 ampères-heure, 230 volts à réducteurs.

» Deux groupes transformateurs statiques de 60 kw dans l'huile, destinés au démarrage des commutatrices, complètent chaque sous-station.

» Les commutatrices portent uniformément chacune sur leur arbre un moteur asynchrone de démarrage à cage d'écureuil et une dynamo excitée à 220 volts capable de débiter 600 ampères sous une tension variable de 0 à 100 volts qui est montée en survolteur dans le circuit des batteries. Elles sont capables de supporter une surcharge momentanée de 100 pour 100.

» Le rendement des groupes ainsi constitués, fonctionnant à la fois en commutatrice et en survolteur, est de 90 pour 100 pour les groupes de 750 kw et de 88 pour 100 pour les groupes de 500 kw.

» La sous-station est placée dans la salle des machines, le tableau et les commutatrices à l'étage des turbo-alternateurs et les transformateurs statiques immédiatement au-dessous de façon à réduire au minimum les connexions basse tension alternatif; mais tandis qu'à l'usine Nord la sous-station et son tableau occupent les premières travées du hall côté Seine et se trouvent

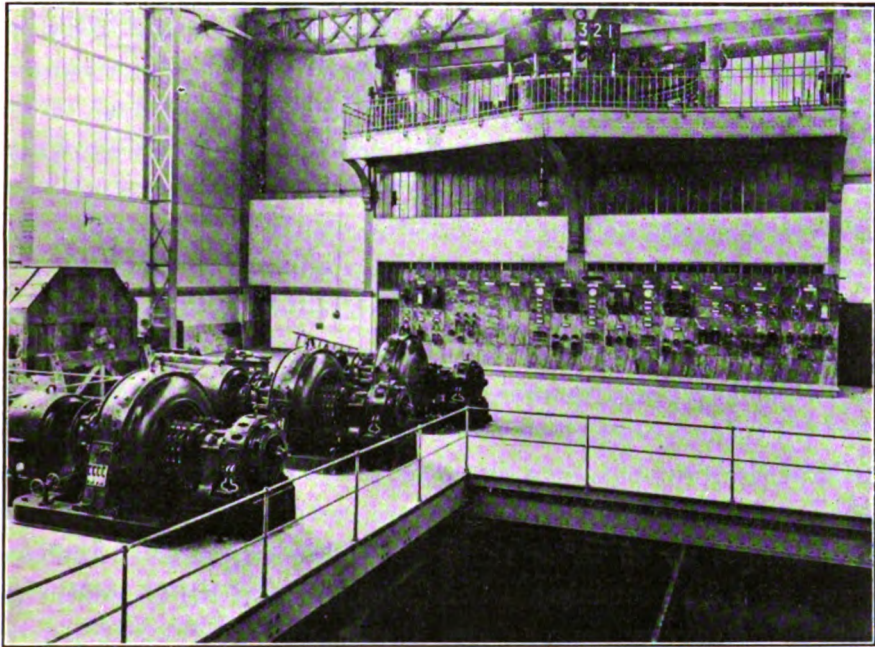


Fig. 33. — Sous-station de l'usine, commutatrices et tableau BT.

ainsi toujours en bout, quels que soient les agrandissements ultérieurs, à l'usine Sud le tableau est placé sous le poste central et la sous-station occupe la dernière travée, côté prolongement éventuel, de sorte qu'elle se trouvera au milieu du hall lorsque l'usine aura reçu tout son développement.

» Les batteries d'accumulateurs sont placées dans un bâtiment distinct de la salle des machines, et où se trouvent réunis divers autres services : magasin, laboratoire à l'usine Nord, atelier à l'usine Sud.

» Du tableau de la sous-station partent les circuits au nombre de 25 qui desservent les différents services auxiliaires.

» Un circuit spécial permet, par un simple jeu d'inverseurs,



de porter secours aux moteurs des pompes de condensation en cas d'avarie à la dynamo en bout d'arbre du groupe.

» Indépendamment de l'éclairage général de l'usine et de la commande de tout le matériel dont il a été question dans les Chapitres précédents, les services auxiliaires comprennent le service de la distribution générale de l'eau nécessaire aux besoins de l'usine.

» Cette distribution d'eau est assurée par des pompes centrifuges à une seule roue du type Weyher et Richemond vertical, débitant 200 m<sup>3</sup> à l'heure, placées dans la salle des pompes; ces pompes alimentent avec l'eau des galeries d'amenée les châteaux d'eau placés sur la toiture de cette salle des pompes et qui sont en charge sur les tuyauteries partant de ces réservoirs.

» A ce matériel de pompes s'ajoutent dans les deux usines des groupes de pompes horizontaux de 500 et 1000 m<sup>3</sup> destinés à la vidange des galeries d'eau et à l'usine Nord des groupes verticaux de 200 m<sup>3</sup> pour la vidange des galeries de câbles.

» Enfin, il y a lieu de mentionner parmi les services auxiliaires le matériel des services d'entretien comprenant, outre les machines-outils permettant l'usinage de toutes les pièces de rechange et les ponts roulants de 50 et 10 tonnes, un certain nombre de groupes moto-pompes de 25 m<sup>3</sup> à 12 kg et moto-compresseurs Dencker de 200 m<sup>3</sup> à 8 kg fournissant l'eau sous pression et l'air comprimé pour le nettoyage courant des divers matériels (condenseurs, chaudières, alternateurs, etc.) et, pour les manutentions du combustible de chaque usine, un tracteur électrique à voie normale permettant de remorquer des trains de 100 tonnes à une vitesse de 9 km à l'heure.

#### **Annexes.**

» Un laboratoire d'essais très complet a été constitué à l'usine Nord.

» Les autres annexes des usines comprennent des ateliers de réparations situés à l'extrémité de la salle des machines à l'usine Nord, dans un bâtiment spécial à l'usine Sud; des magasins, des réfectoires, vestiaires, salle de douches et de bains pour le per-

sonnel, une salle de visites médicales, des bâtiments d'administration, enfin des pavillons pour les directeurs et chefs de service.

» Il n'est pas inutile, en terminant cet exposé des installations de la Compagnie parisienne de Distribution d'électricité, de signaler à quel effort financier il a correspondu.

» Le montant total des dépenses engagées par la Compagnie pour satisfaire au programme dont elle s'était, d'accord avec la Ville, imposé la réalisation pour 1914, atteint 200 millions.

» Les usines représentent à elles seules environ 45 millions.

» Ces chiffres font ressortir l'importance de l'œuvre accomplie par la Compagnie parisienne de Distribution d'électricité, œuvre grâce à laquelle la Ville de Paris se trouve dotée des usines les plus puissantes et les plus modernes d'Europe, et d'installations capables de répondre à tous les besoins. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Imbs de sa très intéressante Communication. Les usines de la Compagnie parisienne de Distribution d'électricité sont particulièrement intéressantes par leur importance, par leur nouveauté et par le soin avec lequel elles ont été étudiées. Les applaudissements qui ont accueilli la Communication de M. Imbs montrent combien les renseignements qu'il a donnés sur ces usines ont été appréciés.

La séance est levée à 22 h 45 m.

CORRESPONDANCE.

Nous avons reçu la lettre suivante de notre collègue, M. Guy :

« MONSIEUR LE SECRÉTAIRE GÉNÉRAL ET CHER COLLÈGUE,

» J'ai lu avec le plus grand intérêt, dans le *Bulletin* de mars dernier (Société internationale des Électriciens), la Communication de M. Pestarini sur la définition et la mesure des puissances « au décalage  $\theta$  » et en particulier des puissances réactives ou magnétisantes.

» J'ai remarqué que la définition donnée par M. Pestarini ne correspond pas tout à fait avec la quantité mesurée par les appareils qu'il décrit. Il m'a paru utile de vous signaler ce fait, afin d'éviter des erreurs éventuelles dans l'interprétation des mesures; mais cette remarque n'enlève rien à l'intérêt et à la généralité de la Communication de M. Pestarini.

» Un courant  $i$  et une tension  $e$  possédant des harmoniques quelconques, ont une puissance réactive ou magnétisante, définie par M. Pestarini, comme étant la somme de la puissance réactive  $M_1$  du courant sinusoïdal fondamental, augmentée de celle des harmoniques :

$$M = M_1 + M_2 + M_3 + \dots$$

» Or, la puissance réactive ou magnétisante  $M'$  indiquée par un wattmètre, dont le cadre présente une forte self en série, est en réalité

$$M' = M_1 + \frac{M_2}{2} + \frac{M_3}{3} + \dots$$

»  $M'$  ne peut être confondu avec  $M$  que s'il n'y a pas d'harmonique.

» La puissance  $P_\theta$  « au décalage  $\theta$  », définie par M. Pestarini, peut s'exprimer par

$$P_\theta = W \cos \theta + M \sin \theta.$$

» Or, la mesure du wattmètre à double cadre de M. Pestarini (*fig. 11*) est en réalité

$$P'_\theta = W \cos \theta + M' \sin \theta.$$

» Les théorèmes et lemmes, énoncés par M. Pestarini au sujet de  $P_\theta$ , et leur démonstration s'appliquent tels quels à  $P'_\theta$ .

» Mon observation n'enlève donc rien à l'intérêt de la Communication de M. Pestarini <sup>(1)</sup>.

» Je vous prie d'agréer, cher Monsieur, l'expression de mes sentiments les meilleurs. »

---

(1) En posant, comme M. Pestarini,

$$\begin{aligned} e &= E_1 \sin(\omega t - \varphi_1) + E_2 \sin(2\omega t - \varphi_2) + E_3 \dots, \\ i &= I_1 \sin(\omega t - \gamma_1) + I_2 \sin(2\omega t - \gamma_2) + I_3 \dots, \end{aligned}$$

on peut calculer le courant  $i'$  qui circule dans le cadre d'un wattmètre, avec self  $\mathcal{L}$  en

D'autre part, M. Pestarini nous a adressé la réponse suivante à la lettre de M. Guy :

« MONSIEUR LE SECRÉTAIRE GÉNÉRAL,

» La remarque de M. Guy est exacte pour les wattmètres avec forte self en série.

» Par contre, on mesure exactement toute la puissance réactive donnée par les harmoniques dans le cas mentionné à la page 288 du *Bulletin* du 4 mars. En effet, dans ce cas, une résistance non inductive est seule en série avec le wattmètre.

» Pour parler industriellement, la puissance réactive due aux harmoniques ne modifie qu'infinitement peu la puissance réactive due au terme principal. (On peut dire en général que cette puissance varie au moins comme l'inverse du carré de l'ordre de l'harmonique.)

» Je sais gré à M. Guy d'avoir bien voulu analyser le théorème que j'ai énoncé et qui, d'ailleurs, se prête encore à d'autres discussions que j'ai dû éviter dans mon développement, pour faire ressortir la conception principale ».

série :

$$-L \frac{di'}{dt} = e, \quad \text{d'où} \quad i' = -\frac{1}{L} \int e \, dt,$$

et

$$i' = \frac{1}{L\omega} \left[ E_1 \cos(\omega t - \varphi_1) + \frac{E_2}{2} \cos(\omega t - \varphi_2) + \frac{E_3}{3} + \dots \right].$$

Comme le wattmètre est influencé par la valeur moyenne de  $i \times i'$ , son indication sera

$$M = \frac{I_1 E_1}{2} \sin(\gamma_1 - \varphi_1) + \frac{1}{2} \frac{I_2 E_2}{2} \sin(\gamma_2 - \varphi_2) + \frac{1}{3} \frac{I_3 E_3}{2} \sin(\gamma_3 - \varphi_3) + \dots,$$

qui s'écrit aussi

$$M = M_1 + \frac{M_2}{2} + \frac{M_3}{3} + \dots$$



## INFORMATIONS.

---

### CONGRÈS INTERNATIONAL D'ÉLECTRICITÉ DE SAN-FRANCISCO (1915).

#### **Exposition internationale « Panama-Pacific ». San-Francisco (E. U. A.).**

##### A MESSIEURS LES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

En offrant à chacun de vous l'occasion de participer, comme membre actif ou honoraire, au Congrès international d'Électricité de San-Francisco en 1915, le Comité d'organisation vous invite instamment à prendre intérêt aux travaux de ce Congrès et à lui accorder votre concours.

Les électriciens ont organisé jusqu'à ce jour dix congrès, dont trois aux États-Unis : La Conférence des Électriciens, réunie en 1884 à Philadelphie; le Congrès international des Électriciens à Chicago, à l'occasion de l'Exposition de 1893; le Congrès de l'Exposition internationale de Saint-Louis, en 1904. Ces congrès comptèrent parmi les plus importantes réunions internationales de ces Expositions.

Le Congrès auquel nous vous invitons se réunira en 1915, à San-Francisco, à l'occasion d'une autre grande Exposition, la « Panama-Pacific international Exposition », qui a pour objet de célébrer l'achèvement et l'inauguration du canal de Panama. Cette exposition marquera le couronnement d'une œuvre qui honore la science et l'art de l'ingénieur et constituera pour les techniciens de tous pays un grand attrait qui viendra s'ajouter à celui de la visite du canal de Panama. Ces conditions éminemment favorables ont conduit, dès l'année 1911, les Délégués des États-Unis au Congrès de Turin à inviter leurs collègues à se réunir à San-Francisco; leur proposition reçut le meilleur accueil, en sorte que les organisateurs du Congrès de San-Francisco, avec l'autorité que leur a conférée la Commission internationale de l'Électricité, ont pu arriver en temps utile à fixer le programme de travaux du Congrès et à en pousser activement la préparation.

Désireux de s'assurer le concours de tous les ingénieurs, ils souhaitent de leur part, dans le monde entier, la propagande et les adhésions qui sont le gage du succès. De son côté, le Comité d'organisation a fait tous les efforts nécessaires à la bonne organisation du Congrès et a songé aussi aux intérêts de ceux qui voudront en suivre les travaux, en offrant les comptes rendus de ces travaux aux conditions les plus avantageuses.

Le Comité d'organisation s'est donné pour tâche de réunir à San-Francisco l'élite des électriciens de toutes les nations, sachant quel intérêt se dégagera de leurs rapports, combien seront profitables et captivants les échanges d'idées et les discussions qui en résulteront. Il s'est de plus imposé de faire des comptes rendus qui relateront les travaux et discussions du Congrès une publication digne des progrès réalisés de nos jours, et en même temps qu'une étape glorieusement franchie dans cette voie du progrès, il veut qu'on y trouve le souvenir durable des travaux par lesquels l'électricité y a si puissamment concouru.

En 1904, le Congrès de Saint-Louis a réuni plus de 2000 adhérents et donné lieu à plus



de 150 communications suivies de discussions. Depuis cette date, l'électricité a su mettre à profit les 10 années qui se sont écoulées; elle a réalisé, dans les voies de la Science et de l'Industrie, des progrès du plus haut intérêt. Ce sont là des données qui nous autorisent à penser qu'en 1915 le Congrès de San-Francisco dépassera de beaucoup les chiffres ci-dessus par l'affluence des adhérents aussi bien que par le nombre et la valeur des communications. La publication en sera faite, par les soins de l'Association internationale des Électriciens, sous la forme de comptes rendus détaillés, ajoutant une contribution très utile à la littérature scientifique moderne et mettant à jour quantité de questions attachantes. Le prix très minime la mettra à la portée de tous; on pourra y souscrire, soit sous la forme de collection complète (en 13 volumes dont liste ci-après), soit séparément au choix des souscripteurs qui pourront se référer, pour faire ce choix, à la Table générale donnée plus loin. A ceux qui seront dans l'impossibilité de suivre les séances du Congrès, ces volumes apporteront le compte rendu fidèle de ses travaux, avec presque autant de profit pour eux que s'ils y avaient assisté.

*Langues étrangères.* — Sont accueillies indistinctement toutes les communications adressées au Comité dans une des cinq langues suivantes : anglais, français, allemand, espagnol, italien. Pour leur publication, le Congrès adoptera la langue dans laquelle est rédigé le manuscrit, et si c'est une des quatre dernières, il imprimera et publiera en contexte de la communication une note en anglais destinée à en résumer le contenu ou les extraits essentiels.

*Communications techniques.* — Le Comité chargé du programme du Congrès prend en considération toutes les communications qui lui sont proposées. C'est à lui qu'il appartient de les admettre au programme ou de prendre toute autre décision, suivant les considérations qui sont d'usage en pareil cas (programme surchargé, limites imposées aux publications, etc.).

*Adhésions. Souscriptions.* — Le Comité a fixé au minimum le prix des cotisations et souscriptions demandées aux membres du Congrès, ne voulant imposer que la plus minime dépense à chacun et faire supporter les frais de l'entreprise à tous ceux qui exercent, en nombre toujours plus grand, la profession d'ingénieur électricien. Il compte sur leur empressement pour assurer le succès du Congrès et sur leur affluence pour en couvrir les frais. Il espère que les intéressés, qui sont si nombreux, ne lui ménageront pas leur concours, le grand nombre des membres permettant seul de compenser la modicité des prix qu'il a fixés pour la cotisation et l'achat des comptes rendus.

Aussi le Comité fait-il appel, dans le monde entier, à tous les ingénieurs attachés à des Sociétés industrielles et scientifiques, espérant qu'ils voudront lui demander de les admettre comme membres du Congrès international d'Électricité de San-Francisco.

Déjà beaucoup d'ingénieurs, parmi les plus éminents et les plus connus pour leurs travaux d'électricité, se sont associés aux travaux du Congrès et ont promis d'assister aux séances. Pour donner au Comité du Congrès l'adhésion qu'il sollicite de vous, il suffit de remplir et de signer le bulletin ci-contre. Le Comité statuera sur votre admission et il sera heureux si vous pouvez assister aux séances du Congrès qui auront lieu à dater du 13 septembre 1915.

La cotisation est de \$ : 5 (New-York Exchange) (26,25 fr). Elle donne droit à tous les privilèges que le Congrès réserve à ses membres. Il est remis à chacun 4 volumes, choisis

par lui parmi ceux qui (au nombre de 13 probablement) formeront les comptes rendus des travaux du Congrès. Il lui est remis en outre un exemplaire du dernier volume constituant la table des matières de toute la collection. L'acquisition des volumes, séparément ou en collection, peut se faire aux conditions suivantes : Cotisation et volumes cartonnés (pour 13 volumes), \$ : 11 (57,75 fr) ; cotisation et volumes cartonnés (pour 13 volumes), \$ : 16 (84 fr) ; 1 volume cartonné est vendu à tout membre du Congrès au prix de \$ : 1 (5,25 fr) ; 1 volume relié toile, au prix de \$ : 1,50 (7,88 fr).

Le paiement peut se faire sous forme de chèque, effet ou mandat-poste. L'envoi peut en être fait sous même pli que celui du bulletin de souscription, mode d'envoi qui a droit à nos préférences, parce qu'il réduit au minimum les formalités ou écritures inutiles. Aussitôt la cotisation payée et l'admission prononcée, le Comité enverra à tout adhérent sa carte de membre du Congrès, dont le verso porte le reçu de la somme payée et la désignation des volumes choisis.

#### PROGRAMME GÉNÉRAL DES CONGRÈS TECHNIQUES A SAN-FRANCISCO EN 1915.

Commission électrotechnique internationale dans la semaine du 6 au 13 septembre 1915.  
Congrès international de l'Électricité, à dater du 13 septembre 1915.  
Congrès technique international, à dater du 20 septembre 1915.  
Congrès international du Gaz, à dater du 27 septembre 1915.

#### PROGRAMME DES TRAVAUX DU CONGRÈS INTERNATIONAL D'ÉLECTRICITÉ DE SAN-FRANCISCO (1915).

Ces travaux sont répartis entre 12 sections, et les comptes rendus de leurs séances exigeront vraisemblablement la publication de 13 volumes. Dans le dernier se trouveront réunis, avec la table des 13 volumes, les documents et comptes rendus intéressant le Congrès dans son ensemble. Ci-dessous les matières des volumes 1 à 13 :

1. *Production, transmission et distribution.* — Usines génératrices et sous-stations : étude de leur installation, de leur contrôle et de leur exploitation. Transmission de l'énergie électrique à grandes distances.
2. *Construction du matériel.* — Génératrices, moteurs et transformateurs. Leur spécification.
3. *Traction électrique et industrie des transports.* — Tramways lignes urbaines et métropolitaines. Interurbains grandes lignes. Voitures électriques. Propulsion des bateaux. Traction dans les mines. Levage et manutention.
4. *Force motrice industrielle et applications domestiques.* — Ateliers et fabriques, usines métallurgiques. Réfrigération, chauffage, etc.
5. *Éclairage.* — Éclairage par lampes à arc et à incandescence. Technique et art de l'éclairage, illumination.
6. *Dispositifs de protection.* — Interrupteurs, disjoncteurs, condensateurs. Electrostatique. Phénomènes disruptifs. Haute fréquence.
7. *Électrochimie et électrométallurgie.* — Appareils et procédés.
8. *Télégraphie et téléphonie.* — Avec et sans fil.
9. *Appareils et mesures électriques.* — Appareils de tableaux, appareils portatifs. Étalonnages et mesures absolues. Essais et standardisation.

10. *Économie d'exploitation des stations centrales.* — Facteur de charge, facteur de puissance; tarifs et compteurs à maximum; règlements et législation.

11. *Électrophysique.* — Radioactivité. Rayons de Röntgen. Conduction des gaz et vapeurs. Électrons. Constitution de la matière, etc.

12. *Divers.* — Entre autres : Histoire et littérature de l'électricité industrielle; symboles, nomenclature; enseignement.

13. *Rapports généraux du Congrès. Table générale des matières.*

Adresser les demandes de renseignements à Forwarding C<sup>o</sup> Preston S. Millar. 80<sup>th</sup> Street and East End Avenue, New-York, N. Y.

---

### Remises accordées par les libraires.

Nous sommes informés qu'à la suite d'une décision du Syndicat des Libraires, les remises spéciales qui étaient jusqu'ici accordées à nos membres et dont l'*Annuaire* faisait mention à la page 168, sont désormais supprimées.

# RÉSUMÉ DES COMMUNICATIONS ÉTRANGÈRES.

**Sur le caractère des résistances d'isolement**, par S. EVERSHED  
(*Inst. Elect. Eng.*, 15 décembre 1913).

Partant du fait connu que la résistance  $R$  d'un isolant spongieux décroît quand le temps est humide et aussi lorsque la tension appliquée  $V$  augmente, l'auteur se propose d'établir une relation précise entre  $R$  et  $V$  afin de déterminer ensuite ce qui se produit quand approche la rupture de l'isolant. La courbe  $R = f(V)$  pour un isolant spongieux caractérisé (comme le coton) a une partie droite joignant deux parties courbées, dont l'une, celle qui est du côté de la rupture, est encore à étudier. La Communication traite d'expériences faites sur la première partie de la courbe. La valeur de  $R_V : R_{10V}$  (où  $R_V$  est la résistance sous la tension  $V$ ) est à peu près constante d'un bout à l'autre et ne varie pas quand on change la teneur en humidité dans de larges limites, ce qui pourtant change énormément la valeur de la résistance pour une différence de potentiel donnée. La résistance propre de l'isolant sec est telle qu'on peut la considérer comme infinie vis-à-vis de celle de l'humidité. Il y a un effet d'hystérésis : quand on fait diminuer  $V$ , l'élévation de  $R$  subit un retard. Des essais ont été faits en prenant comme isolants différentes espèces de papier et en modifiant la pression supportée. Les courbes gardèrent toujours la même allure, mais  $R_V : R_{10V}$  a surtout varié avec la pression. La micanite a donné des résultats analogues. Différentes espèces d'huiles et de vernis, essayés de la même façon, ont pourtant obéi exactement à la loi d'Ohm : de l'huile où l'on a dissous quelques gouttes d'eau a une résistivité constante quel que soit  $V$ , mais cette résistivité est considérablement abaissée. L'auteur propose la formule empirique  $R = k \sqrt[n]{1 : V}$  pour exprimer les résultats qu'il a trouvés;  $k$  et  $n$  sont des constantes, pour chaque courbe particulière. Pour les isolants entièrement composés de matériaux spongieux la valeur moyenne de  $R_V : R_{10V}$  est 2,2. Dans le cas des isolants en partie imperméables et en partie spongieux, on a

$$\text{Partie constante de la résistance} = \text{Résistance totale à 500 volts} \times \frac{a-n}{a-1},$$

où  $n = R_{10} : R_{500}$  et  $a = 2,2$ .

Pour expliquer ces résultats, l'auteur suppose que l'eau forme des pellicules sur les parois des orifices capillaires des isolants et que c'est par là que passe le courant. Si la tension augmente, ces pellicules deviennent plus épaisses à cause de l'endosmose électrique et leur résistance se trouve diminuée. Pour illustrer cette hypothèse, l'auteur a construit un isolant schématique formé d'un faisceau de tubes capillaires plongeant par chaque bout dans des godets d'eau et contenant des gouttes d'eau séparées par des bulles d'air. Lorsqu'on a établi une différence de potentiel entre les deux godets, le faisceau s'est effectivement comporté comme un isolant spongieux, donnant une courbe semblable et un rapport  $R_{20} : R_{500}$  égal à 2,1; l'hystérésis aussi était marquée. Dans ses conclusions l'auteur décrit quelques expériences sur un effet de soupape présenté par un isolant de faïence soumis à la tension électrique.

Pendant la première demi-heure de l'application de la tension, il se manifesta dans

l'isolant une augmentation de résistance dont le siège fut trouvé au voisinage de l'électrode positive et qui semblait due à l'obstruction des canaux de fuite par les produits de l'électrolyse. L'effet de soupape viendrait alors de la différence des surfaces d'accès entre les deux électrodes et l'isolant.

Au cours de la discussion, M. E. H. Rayner a signalé une méthode permettant de reconnaître l'approche du claquage : à la tension alternative on ajoute une faible tension continue. L'approche du claquage est indiquée par un accroissement rapide du courant continu.

**Machines à synchronisation automatique, par E. ROSENBERG**

(*Inst. Elect. Eng.*, juin 1913).

L'auteur discute d'abord l'utilité pratique du moteur synchrone et constate que son emploi se généraliserait si son accrochage n'exigeait pas un personnel adroit et exercé. Il rappelle qu'il y a deux solutions pour la mise en marche des moteurs synchrones démarrant comme moteurs asynchrones : dans la première on donne au moteur un rotor de révolution portant des bobinages mono ou polyphasés fermés sur des résistances convenablement établies : dans ces moteurs on applique le courant du champ quand la machine est déjà en vitesse; la seconde solution consiste à utiliser une cage d'écureuil du genre des amortisseurs Leblanc, sur des moteurs à pôles saillants.

Le phénomène de l'accrochage est ensuite étudié. Si un moteur marche régulièrement au synchronisme, le vecteur de la force électromotrice induite est en opposition avec celui de la force électromotrice appliquée, ou bien il fait avec celle-ci un angle constant  $\alpha$  qui dépend de la charge. Dans une machine qui s'approche du synchronisme et dont nous désignerons par  $s$  le glissement, l'angle  $\alpha$  varie périodiquement, la durée de sa période étant  $1 : fs$ , où  $f$  est la fréquence du courant appliqué. Si les tensions appliquées et induites sont toutes les deux égales à  $E$  et si nous désignons par  $I_0$  le courant de court circuit avec l'excitation qui produit  $E$ , la puissance fournie au rotor quand le vecteur des forces électromotrices induites retarde sur l'opposition d'un angle  $\alpha$  s'exprime par  $E I_0 \sin \alpha$ . Si  $\alpha$  est inférieur à  $\pi$ , il y a accélération, si  $\alpha$  est entre  $\pi$  et  $2\pi$  il y a ralentissement. La puissance moyenne pendant la période d'accélération est

$$W_a = \frac{2}{\pi} E I_0.$$

La machine s'accroche si l'amplitude de l'oscillation forcée de la vitesse est égale au glissement moyen  $s$ . L'auteur démontre que cette condition est satisfaite si le glissement moyen n'est pas plus grand que  $W_a^{0,5} (9,8 \times 4f \times Mv^2)^{-0,5}$ , où  $Mv^2$  est l'énergie emmagasinée par le rotor en kilogrammètres au synchronisme. L'auteur examine ensuite les difficultés relatives au démarrage automatique des convertisseurs synchrones. Enfin il expose son propre système de synchronisation automatique. Ce système consiste dans l'emploi d'un moteur auxiliaire calé sur l'axe de la machine synchrone, ou d'un moteur d'induction à cage d'écureuil ayant ses bobinages en série avec ceux de la machine synchrone. On met l'ensemble en marche en laissant ouvert le circuit de champ, lorsqu'on approche du synchronisme un voltmètre polarisé à zéro médian connecté aux balais du collecteur se met à osciller; on ferme le circuit du champ quand ce voltmètre est dirigé dans le sens convenable, le convertisseur se met au synchronisme, on règle l'excitation pour que la tension aux bagues soit légèrement inférieure à celle de la ligne, puis on court-circuite le moteur auxiliaire. Le courant de démarrage n'est que de 30 pour 100 supérieur au

courant de pleine charge qui ne doit pas non plus être dépassé au moment du court-circuitage du moteur auxiliaire. Il n'y a pas besoin de dispositif de relevage des balais.

**Utilisation de l'énergie électrique**, par W. E. MILNS (*Inst. Electr. Eng.*, juin 1913).

L'auteur a établi, grâce à des statistiques, un Tableau indiquant le nombre d'unités d'énergie électrique utilisé par an et par cheval installé pour des professions très variées (depuis le coiffeur jusqu'au fabricant de canons). Ce sont les entrepôts frigorifiques qui viennent en tête avec 3217 unités par cheval, puis viennent les bureaux publics (à cause des ventilateurs) avec 2766 unités, l'industrie chimique avec 1699 unités. Par contre les fabricants de jouets, les fabricants de papier, les ébénistes ont une très mauvaise utilisation.

**Spécification pour les compteurs d'électricité**, par S. H. HOLDEN  
(*Inst. Electr. Eng.*, 15 décembre 1913).

L'auteur fait observer que toutes les spécifications propres à amener des modifications de détail dans un produit standardisé causent beaucoup de troubles inutiles et il pense que les desiderata de tous seraient comblés en adoptant pour les compteurs la spécification de l'*Engineering Standards Committee*. Toutefois il serait utile de revoir de temps en temps cette spécification, mais sans lui enlever toute utilité par de trop fréquentes modifications. L'auteur attire l'attention sur un certain nombre de points de la spécification type datant de 1907 qui demandent à être revus, soit à cause de perfectionnements récents, soit à cause de certaines ambiguïtés du texte. L'auteur propose ainsi de modifier 13 articles. Il préconise de définir plus exactement les variations de l'onde du courant alternatif et de fixer une limite de la grandeur de ces variations. Les prix indiqués dans la spécification type lui semblent aussi trop élevés.

La discussion contient beaucoup de critiques à l'égard des suggestions de l'auteur tant au point de vue du fabricant qu'au point de vue de l'abonné. Toutefois le désir de perfectionner la spécification actuelle, qui n'est pas à l'abri de tout reproche, semble général.

**Construction des lignes de transmission aérienne**, par B. WELBOURN  
(*Inst. Electr. Eng.*, 15 janvier 1914).

Il y a actuellement dans le Royaume-Uni environ 1000 milles (1600 km) de lignes aériennes fonctionnant à des tensions comprises entre 2000 et 20 000 volts dont 115 milles (185 km) à 20 000 volts. La Communication est un résumé des diverses méthodes de construction usitées en Angleterre; elle se divise en sections traitant de différentes questions et présentées dans l'ordre suivant :

L'auteur donne des formules pour les projets électriques et mécaniques, formules grâce auxquelles un grand nombre de données peuvent être calculées, puis des détails sur une ligne des environs de Newcastle. Les traitements du bois et de l'acier pour la construction des poteaux et des pylones (créosotage, galvanisation) sont ensuite examinés, puis le choix entre le cuivre et l'aluminium, la question de l'espacement des conducteurs et les méthodes pour assujettir ceux-ci aux isolateurs; l'auteur donne à ce propos des dessins de liaisons semi-rigides ou élastiques. L'isolateur sur broche est le plus employé dans le Royaume-Uni à cause des tensions relativement modérées qui y sont en usage : il peut

être utilisé jusqu'à 60 000 volts; l'auteur aborde à ce propos quelques points touchant au choix et aux essais d'isolateurs, puis traite de la mise à la terre et de la protection contre les phénomènes atmosphériques ainsi que de l'emploi des condensateurs Moscicki. Le chapitre suivant a trait aux précautions prises à l'égard des lignes téléphoniques ainsi qu'aux dispositifs nécessaires pour éviter aux conducteurs des contacts fâcheux. Enfin l'auteur donne un index bibliographique se rapportant surtout à la pratique britannique, et termine par un certain nombre d'appendices comprenant des constantes pour le calcul des résistances, des réactances, des courants maximums, des capacités électrostatiques, des chainettes, des effets du vent et des essais des porcelaines.

#### DISCUSSION DE LA COMMUNICATION PRÉCÉDENTE.

Cette Communication a été très longuement discutée sur presque toutes les questions qu'elle traite. Les pouvoirs exorbitants que la législation anglaise met aux mains des propriétaires fonciers pour leur permettre d'entraver le passage des lignes électriques sur leurs terres, les hautes redevances pour droits de passage que les compagnies doivent acquitter ont été signalés; plusieurs orateurs ont émis le vœu que le point de vue de l'utilité publique en ces matières soit à l'avenir pris en considération comme il l'est dans plusieurs pays du continent et surtout aux États-Unis. Les avantages comparés des lignes de cuivre et des lignes d'aluminium, les questions intéressant les parafoudres ont surtout été l'objet de nombreuses observations. M. P. V. Hunter a fait remarquer qu'il faut se garder de standardiser trop vite la construction des lignes aériennes comme cela a été fait pour les lignes souterraines dont les progrès ont été de ce fait entravés.

#### Les surtensions, par W. DUDDALL (*Inst. Elect. Eng.*, 1<sup>er</sup> décembre 1913).

L'auteur divise les surtensions en trois classes suivant qu'elles sont dues à la *résonance*, à la *manœuvre des interrupteurs* ou aux *arcs*. Les surtensions de la première catégorie sont rarement dues à la fréquence fondamentale, mais lorsque par exception cet accident arrive, il est des plus graves. Les résonances des harmoniques supérieurs s'observent plus souvent, mais, comme les alternateurs modernes donnent une bonne forme de courbe, ces harmoniques sont généralement si faibles qu'ils ne peuvent engendrer de surtensions dangereuses. L'auteur montre un certain nombre de relevés oscillographiques de résonances d'harmoniques supérieurs observés dans des stations génératrices lorsque les alternateurs sont connectés sur les feeders ouverts. Les harmoniques 3, 5 et 7 sont presque toujours si faibles avec les machines modernes qu'il n'y a pas à craindre de résonance importante à leur fréquence, mais les harmoniques d'ordre plus élevé peuvent causer quelques troubles; lorsqu'il y a une charge appréciable sur le réseau, le risque de résonance notable devient très faible. La manœuvre des interrupteurs peut produire des surtensions distinctes de celles qui résulteraient de la formation de l'arc d'ouverture. L'auteur donne un certain nombre d'exemples accompagnés de relevés oscillographiques montrant les phénomènes qui se produisent à la rupture. La vibration des contacts combinée avec la résonance et les étincelles peut aussi causer des surtensions : Un cas grave de cette espèce s'est produit en coupant une ligne de 12 milles (19,3 km) branchée sur une génératrice d'un modèle ancien. De même on peut produire une surtension en branchant ou en coupant une capacité, une inductance, ou bien un ensemble composé d'inductances et de capacités. L'auteur donne ensuite une explication sur la

façon dont le potentiel s'établit à l'extrémité d'une ligne quand on ferme l'interrupteur et sur les phénomènes qui accompagnent la coupure d'une forte charge par un interrupteur; cela le conduit à l'examen et à la discussion de l'effet Ferranti, ainsi que des effets produits sur les bobinages des machines par la coupure brusque d'une forte charge. Les arcs et les étincelles peuvent produire des surtensions par suite des décharges oscillantes qu'ils engendrent, un certain nombre d'exemples en sont donnés; la plus ou moins grande quantité de vapeurs conductrices qui se forme affecte beaucoup la nature et l'amplitude des oscillations. Un relevé oscillographique montre la surtension qui peut être produite quand une ligne ouverte est déconnectée; on avait, pour relever cet oscillogramme, intentionnellement fait ouvrir le contact dans l'air afin de produire un arc entre les pièces de cuivre. La coupure des gros courants par des interrupteurs, par les fusibles, ou par la rupture de la ligne, est toujours accompagnée par le risque d'une suppression trop soudaine du courant qui fait que l'énergie emmagasinée par self-induction dans le circuit ne peut se dissiper totalement. On n'a pas prêté une attention suffisante à la self-induction des câbles. L'auteur donne aussi des exemples de surtensions qui se produisent lorsqu'on coupe des circuits de courant continu. La Communication se termine par un index bibliographique.

**Emploi de la puissance au « Post Office », par H. C. GUNTON**  
(*Inst. Elect. Eng.*, 1<sup>er</sup> janvier 1914).

La puissance est produite sous forme de triphasé par une station située sur la rive sud du fleuve près de Blackfriars Bridge et est distribuée à trois sous-stations placées dans les sous-sols des trois bâtiments du Post Office. La Communication décrit les différentes utilisations de la puissance et incidemment le système de tubes pneumatiques souterrains réunissant les divers bureaux télégraphiques. Les principales utilisations de l'électricité sont : le fonctionnement des ascenseurs et des transporteurs, le nettoyage des sacs, les travaux se rapportant aux échanges téléphoniques, l'éclairage, les trucks électriques et, dans l'avenir, un chemin de fer souterrain qui sera actionné par la même source. Les tubes pneumatiques sont maintenant alimentés par des machines à conduite électrique; l'auteur en décrit sommairement le fonctionnement et renvoie à divers travaux où le procédé est discuté d'une façon plus étendue; il compare ensuite les ascenseurs électriques et les ascenseurs hydrauliques, expose les différents emplois et donne la description des transporteurs. Le nettoyage des sacs est effectué en partie par battage mécanique et en partie par le vide, dans les deux cas l'énergie électrique est employée. La Communication contient des chiffres relatifs à l'éclairage électrique, donnant le nombre de bougies par pied carré sur le sol dans chaque service, ce nombre s'élève jusqu'à 2,5 (27 bougies par mètre carré). Le prix de l'énergie fournie par la station de Blackfriars, qui a 73 pour 100 de facteur de charge, est de 1,5 d. (0,15 fr) par kilowatt-heure. Dans la discussion, on a fait observer qu'il eût été préférable d'acheter l'énergie à un secteur.

**L'éclairage électrique des trains, par T. FERGUSON** (*Inst. Elect. Eng.*, 2 février 1914).

Il est à souhaiter que l'éclairage électrique des trains se généralise surtout parce qu'en cas d'accident il semble être moins que l'éclairage par le gaz une cause d'incendie; mais



les compagnies auront quelque peine à renoncer au matériel dispendieux dont elles ont fait l'acquisition pour éclairer leurs trains par le gaz sous pression. Il y a deux méthodes principales pour éclairer les trains par l'électricité : 1<sup>o</sup> l'emploi d'une source unique généralement située sur la locomotive, 2<sup>o</sup> le système des unités autonomes où chaque voiture possède sa source d'énergie. Ce dernier, qui entraîne des frais de premier établissement plus grands que le précédent, se prête aisément à la transformation graduelle du matériel. L'auteur se propose d'étudier seulement les systèmes d'éclairage par unités autonomes. Il expose d'abord les problèmes à résoudre et décrit ensuite les principaux systèmes entrés dans la pratique. L'auteur compare le dispositif à simple batterie avec conjoncteurs-disjoncteurs et le dispositif à double batterie où la dynamo charge une batterie d'accumulateurs qui à son tour en alimente une autre par l'intermédiaire de résistances et c'est sur cette seconde batterie que sont branchées les lampes. Ce système n'exige pas d'appareillage compliqué et fonctionne bien, mais il est lourd, coûteux et d'un rendement désastreux (probablement de l'ordre de 10 pour 100). L'auteur discute ainsi les avantages comparés de l'alimentation par dynamo à tension constante et par dynamo à courant constant et donne la préférence à ce dernier système qui est plus simple et permet de désulfater plus sûrement des batteries restées longtemps en repos, ainsi que de charger la batterie même quand les connexions ne sont pas très bonnes. L'augmentation de l'effort au crochet de la locomotive par suite de l'éclairage électrique du train atteint plusieurs unités pour 100 et, dans le cas de la régulation par courroie glissante, il augmente beaucoup avec la vitesse.

L'auteur décrit ensuite les systèmes suivants : *Stone, Compagnie des Forges de Leeds* (système auquel l'auteur a collaboré), *Mather et Platt, Vickers, Tudor, Silvertown, Brown-Boveri, Dalziel, Grob*, et donne le schéma de la plupart d'entre eux <sup>(1)</sup>. L'auteur conclut de l'examen de ces systèmes que l'emploi du courant constant semble avoir la préférence et que le dispositif de la batterie unique sera probablement adopté dans l'avenir. La Communication est suivie d'un tableau synoptique résumant les caractéristiques principales des systèmes cités plus haut auxquels sont ajoutés les systèmes Buttner, Newbold et Gould.

#### DISCUSSION DE LA COMMUNICATION PRÉCÉDENTE (*Inst. Elect. Eng.*, 2 mars 1914).

Au cours de la discussion quelques modes de régulation de la tension des dynamos pour l'éclairage des trains ont été exposés et quelques questions de priorité ont été agitées. M. McKinnon a fait remarquer que les batteries d'accumulateurs des wagons sont souvent mal entretenues en Angleterre, tandis qu'en Allemagne le personnel en prend le plus grand soin; sa tâche est d'ailleurs rendue aisée par la disposition de ces batteries qui est très commode pour la visite. M. J. Dalziel défend l'emploi de la dynamo à tension constante. M. G. C. Lundberg propose de mettre à la disposition des voyageurs des commutateurs permettant de mettre des lampes en série quand ils veulent diminuer la lumière pour se reposer. Le Dr J. D. Coales propose de mettre des batteries à chaque voiture mais une seule dynamo dans le fourgon. M. Morgan attire l'attention sur le grand nombre d'accessoires, faits pour se corriger les uns les autres, que nécessite l'éclairage électrique des trains et désire voir simplifier les systèmes par l'étude d'une dynamo convenable à tension constante.

---

(1) Cette partie de la Communication ne peut être utilement résumée.

**Études sur la téléphonie automatique**, par W. Lee CAMPBELL.  
(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, mars 1914).

La Communication décrit une machine enregistreuse de communications téléphoniques inscrivant sur une bande le nombre d'appels dans une période donnée ainsi que la durée des conversations. Les observations enregistrées se rapportaient à un réseau téléphonique automatique. L'enregistrement permet de connaître la durée exacte de chaque communication, le nombre de communications dans un temps donné et les communications simultanées en service à chaque instant. Grâce à ces enregistrements, il est possible d'étudier le rendement relatif des petits ou des grands réseaux téléphoniques, de voir combien les appels prennent de temps en moyenne et ces observations permettent d'arranger les lignes et les connexions de façon que les appels se distribuent uniformément sur les lignes de chaque groupe.

**Discussion de la Communication de M. RANDALL sur « les interrupteurs à huile pour grandes puissances et hautes tensions »** <sup>(1)</sup> (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, février 1914).

M. L. G. Robinson préconise l'emploi de nombreuses coupures en série dans le cas des tensions très élevées, car lorsqu'un arc se produit le gradient de potentiel est surtout élevé au voisinage des électrodes; il y aurait donc beaucoup à gagner, au point de vue de la course à faire effectuer aux pièces mobiles d'un interrupteur, en multipliant les coupures. M. J. B. Fiske manifeste quelques craintes au sujet de l'emploi des interrupteurs à réactance sur les lignes ayant beaucoup de capacité. M. Karapetoff voudrait avoir vu fonctionner les interrupteurs à réactance depuis plusieurs années pour se prononcer à leur égard. Il cite une méthode qui a été préconisée pour rompre aisément les courants en leur superposant un courant de fréquence relativement élevée afin de multiplier les zéros. M. A. A. Miller, parlant à la place de M. Randall, explique, en réponse à des questions posées que dans les interrupteurs à réactance, quand les premiers contacts se sont ouverts, les seconds s'ouvrent toujours quelques instants après et que l'appareil ne peut jamais servir de limiteur de courant en introduisant momentanément une réactance en série dans la ligne. Il dit ensuite pourquoi la temporisation est nécessaire dans l'ouverture des disjoncteurs : les courants de court-circuit, d'abord très intenses, diminuent après quelques périodes. M. Ford W. Harris (par lettre) estime que les interrupteurs à interposition de réactance sont moins bons au point de vue de la coupure de l'arc que les interrupteurs à résistance. Il préconise aussi les interrupteurs à ruptures multiples.

**Réunion de la Commission électrotechnique internationale à Berlin** (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, novembre 1913).

Cette Communication devance le rapport que le Comité national des États-Unis doit présenter sur les résultats obtenus à la réunion de Berlin du 1<sup>er</sup> au 6 septembre 1913. Le Rapport sur la nomenclature contient à peu près 80 termes d'électrotechnique avec leur définition en anglais et en français. Le Rapport sur les symboles donne les notations pour 36 quantités, mais pour 16 de ces quantités l'accord n'a pu être atteint sur un seul sym-

---

<sup>(1)</sup> Analysée dans le présent *Bulletin*, décembre 1913, p. 1028.

bole. Des lettres et des groupes de lettres, ont été fixés pour 15 unités électriques; l'accord a été fait sur des abréviations officielles pour 29 unités métriques et 9 symboles mathématiques, comprenant les notations  $i$  ou  $j$  pour représenter l'ancien symbole  $\sqrt{-1}$ , ont été fixés. La traduction anglaise suit le document original qui est en français. Les travaux préliminaires du *Comité des spécifications* sont brièvement indiqués; on peut espérer que des règles internationales pour la spécification des machines seront prochainement mises au point, peut-être à San-Francisco. Dans un Appendice se trouve énumérée la liste des températures maxima admises pour les différentes classes d'isolants dans les machines jusqu'à 4000 volts. Pour pouvoir faire admettre internationalement une température, il faut se mettre d'accord sur une température ambiante type. Si l'on fixe celle-ci à 40° C., la puissance que débitera une machine lorsqu'elle travaillera à 30° C. ou 50° C. sera respectivement 1,13 et 0,84 fois sa puissance définie d'après la convention internationale. Si l'on choisit une température type très élevée, le nombre de contrées où la machine devra être employée au-dessous de sa puissance conventionnelle se trouvera diminué de sorte qu'une haute température type est favorable à la sécurité, mais tend à abaisser la puissance conventionnelle des machines. La majorité des délégués de Berlin a donné sa préférence à une température ambiante de 40° C. en admettant une élévation de température de 50° C. pour les machines dont les bobinages sont isolés au coton imprégné. Deux pays du nord de l'Europe proposaient 35° C. comme température ambiante avec une élévation de 55° C., ce qui fut renvoyé pour études aux comités nationaux. Le *Comité des moteurs primaires* a présenté un rapport qui traite surtout de définitions et de nomenclature relatives aux installations hydroélectriques. Le sujet du *cuivre étalon international* fut également abordé. D'après le résultat des travaux commencés en 1910 par le *Bureau of Standards*, la résistivité moyenne du bon cuivre recuit aux États-Unis est par mètre-gramme, à 20° C., 0,153  $\Omega$  (la valeur donnée par Matthiesen était 0,15302). La conductivité du cuivre finalement adoptée est déterminée par une conductance de 58 mhos pour un fil de 1 m de longueur et de 1 mm<sup>2</sup> de section à 20° C. (c'est-à-dire 0,15328  $\Omega$  par mètre-gramme à 20° C.).

**Prix de l'énergie électrique à l'usine, par H. M. HOBART**

(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, mars 1914).

L'auteur, pour déterminer le prix de la production de l'énergie électrique dans une centrale de 100 000 kW fournissant du courant à 60 périodes, applique la méthode dite de Stott-Gorsuch qui consiste à diviser les frais en trois parties : 1° frais de production proprement dite, 2° charges financières, 3° frais d'administration. Les résultats correspondent à l'hypothèse d'une production de 350 à 700 millions de kWh par an s'appliquant à un facteur de charge qui varie de 0,5 à 1. Pour un facteur de charge égal à l'unité et pour le triphasé le prix du kilowatt-heure aux barres oscille entre 0,65 cent (0,0337 fr), pour le charbon à 5 \$ la tonne (25,5 fr la tonne métrique) et 0,2 cent (0,0104 fr), pour les combustibles de peu de valeur. L'auteur indique une méthode pour suivre l'accroissement du prix de l'énergie électrique à ses différentes étapes vers le consommateur.

**Sur un nouveau marteau électromagnétique à riveter et à cisailier,**

par M. L. SCHULER, secrétaire général (*Elektrotechn. Verein*, 31 mars 1914).

Le conférencier a d'abord indiqué les désavantages des marteaux à air comprimé qu'on emploie généralement maintenant, désavantages qui consistent principalement dans la

nécessité d'un dispositif de compresseur coûteux ainsi que dans un faible rendement. Les marteaux mécaniques aussi, qui sont actionnés par un moteur électrique au moyen de flexibles, ne se sont pas non plus très bien comportés. Le marteau construit par le conférencier repose sur une attraction électromagnétique; dans les marteaux de ce genre, il faut résoudre la difficulté qui consiste à fermer et à rompre le courant excitateur environ 20 fois à la seconde. Des essais antérieurs ont échoué en raison des étincelles qui se produisent dans ce cas. Le procédé employé par le conférencier consiste dans l'emploi du « coup de fermeture » qui se produit en courant alternatif. Il utilise pour la marche des marteaux le courant alternatif en fermant le courant toujours au zéro de la courbe de tension et en le coupant après une période. L'interruption de courant se fait alors sans étincelles. On évite aussi les pertes en énergie magnétique. On a présenté des marteaux de différentes grandeurs. Le conférencier a traité ensuite de l'évaluation du travail et du rendement et il a montré avec des courbes à l'appui que, par exemple, un marteau à cisailer possède pour un travail utile de 120 watts un rendement d'environ 60 pour 100.

**Influence de la forme de la courbe sur la marche des convertisseurs à induit unique,**  
par M. le Dr LINKE (*Elektrotechn. Verein*, 31 mars 1914).

Le conférencier a exposé les difficultés qui se rencontrent dans la marche des convertisseurs à induit unique, quand la forme de la courbe du courant qui leur est appliqué s'écarte fortement de la forme propre du courant que pourrait fournir le convertisseur. Il se produit alors un courant alternatif à haute fréquence superposé au courant continu fourni par le convertisseur, et ce courant alternatif acquiert en particulier une valeur élevée quand le convertisseur marche en parallèle avec une batterie d'accumulateurs. Le conférencier a montré de nombreux graphiques oscillographiques, qui faisaient ressortir la nature et le grandeur des courants superposés. Il a recommandé comme remède à cet inconvénient l'intercalation de bobines à réaction entre le convertisseur à induit unique et le transformateur.

**L'essai des câbles à l'usine et après la pose en employant en particulier le courant continu à haute tension,** par M. le Dr L. LICHTENSTEIN (*Elektrotechn. Verein*, 28 avril 1914).

Le conférencier a indiqué les difficultés qui surgissent lors de l'essai des lignes de câbles assez longues à très haute tension. Comme on le sait, le câble reçoit un courant de charge élevé, et l'on doit en conséquence ou bien construire le transformateur d'essai pour une très grande puissance, ou bien disposer en parallèle avec le câble des bobines de réaction, pour compenser le courant de charge. Mais ces deux solutions ne sont pas satisfaisantes, surtout quand il s'agit de l'essai du câble posé, c'est-à-dire lorsqu'on a besoin d'un matériel transportable. Ces difficultés peuvent être évitées, en se servant du courant continu pour l'essai. Le redresseur de courants à haute tension, système Delon, est employé dans ce cas. Le conférencier a décrit la construction et le fonctionnement de cet appareil, et en particulier celui d'une machine transportable exécutée par les usines Siemens-Schuckert. Elle se compose d'un moteur à benzine, d'un générateur de courant polyphasé et d'un redresseur de courants à haute tension accouplé à cet ensemble, ainsi que d'un transformateur à haute tension pour une puissance de 6 kva. Le conférencier a fourni ensuite une série de données concernant les essais, et se rapportant à l'évaluation de la tension continue, par la tension primaire du transformateur. Il a donné aussi des

chiffres de comparaison concernant les tensions continues et les tensions alternatives nécessaires au percement d'isollements déterminés.

**La cuisine électrique généralisée dans les nouveaux bâtiments de l'administration des usines Siemens-Schuckert à Siemenstadt, près Berlin**, par M. l'ingénieur A. STEINHARDT (*Elektrotechn. Verein*, 28 avril 1914).

Au Casino du nouveau bâtiment de l'administration des Usines Siemens-Schuckert à Siemenstadt, près Berlin, mangent journellement 2000 à 3000 personnes. La préparation des mets se fait dans une grande cuisine où l'on emploie exclusivement l'électricité. Le conférencier a décrit d'une façon détaillée l'installation des différents récipients, fours à rôtir, etc., ainsi que les nombreuses machines auxiliaires mues également par l'électricité. La cuisine est la plus grande de celles qui existent jusqu'ici et où l'on emploie exclusivement l'électricité. D'après les déclarations du conférencier, les prix de revient, en utilisant un courant à 5 pfennigs par kilowatt-heure, ne dépassent pas ceux des cuisines de grandeurs semblables et où l'on emploie le chauffage au charbon, au gaz ou à la vapeur.

**Soupapes de sûreté en dérivation**, par M. l'Ing. G. GOLA  
(*Elektrotecnica*, 5 mars 1914).

Les soupapes fonctionnent en coupant le circuit des appareils qu'elles doivent protéger. Cependant il y a des appareils dont la mise hors circuit peut être fort dangereuse et compromettre la sécurité de l'installation elle-même. Ce sont, par exemple, certains types de parafoudres et de résistances ohmiques qu'on croit nécessaire de munir d'une soupape, en raison de leur fragilité.

Dans ce cas la protection est tout à fait illusoire et peut causer de très graves accidents.

Dans le but d'éviter ces dangereux effets, l'auteur envisage l'adoption des soupapes-shunt (déversoirs); par des considérations élémentaires, puis par des résultats pratiques, il en montre l'efficacité. Il indique enfin qu'elles présentent l'avantage de pouvoir remplacer les appareils plus fragiles, dont il s'agit plus haut, de façon que l'installation ne soit jamais sans protection.

**Dispositifs pour améliorer le facteur de puissance sur les réseaux à courant triphasé.**

**Résultats pratiques d'application**, par M. l'Ing. G. SARTORI (*Elektrotecnica*, 5 mars 1914).

Après un aperçu sur les causes qui ont une influence considérable sur la valeur pratique du facteur de puissance, l'auteur étudie les dispositifs pour l'améliorer et il les répartit en deux classes : ceux qui fonctionnent sur le réseau d'alimentation et qui peuvent ainsi améliorer le facteur de puissance de toutes les parties du réseau qui les précèdent (condensateurs tournants et condensateurs à liquide Colombo), et ceux qui travaillent sur le rotor des moteurs asynchrones comme de véritables excitatrices individuelles (Scherbius et Kapp). Pour tous ces dispositifs, l'auteur donne des résultats pratiques d'exploitation.

Le rapport rappelle enfin la possibilité d'emploi des moteurs autosynchrones Danielsen qui travaillent à  $\cos \varphi = 1$  et l'influence que peuvent avoir les tarifs dans le succès des moyens destinés à élever la valeur du  $\cos \varphi$  des installations et des réseaux.

**Contribution à l'étude de la tarification de l'énergie électrique**, par M. l'Ing. RENZO NORSA  
(*Elektrotecnica*, 25 février 1914).

Dans la production et dans la distribution de l'énergie électrique, les frais fixes, c'est-

à-dire les frais qui sont indépendants de la quantité d'énergie produite, ont une très grande importance, et la question de la répartition de ces frais est, par conséquent, une question fondamentale. Pourtant l'auteur montre qu'aucun des procédés mathématiques qui généralement sont suivis dans cette répartition, ne peuvent être considérés comme corrects, et il montre ensuite comment on peut établir des méthodes de répartition d'abord entre les différentes classes de consommateurs, ensuite entre les différents consommateurs appartenant à une même classe, en tenant compte aussi du fait que les demandes des différentes classes ou des différents consommateurs ne sont pas simultanées.

L'auteur en vient enfin à discuter la question des tarifs pour les forts consommateurs. Ici l'étude du prix est compliquée par le fait qu'il faut tenir compte autant de l'utilisation que de l'importance de l'installation. Après avoir examiné les types les plus communs de tarifs différentiels, l'auteur montre comme il est possible d'arriver à une forme de tarif différentiel à variation continue et graduelle du prix, telle qu'elle puisse être appliquée dans le service des forts consommateurs.

**Les mesures de contrôle dans les installations à très haute tension,**

par M. le Prof. A. BARBAGELATA (*Elettrotecnica*, 5 février 1914).

L'insertion des wattmètres-étalons, soit par l'intermédiaire des transformateurs de précision, soit à l'aide de résistances additionnelles, pour le contrôle des appareils enregistreurs ou intégrateurs, n'est guère plus possible au delà de 20 000 à 30 000 volts de tension. Or c'est justement alors que le contrôle a le plus d'importance, en raison de la grande valeur économique des indications des instruments à contrôler. L'auteur estime qu'il est indispensable dans de pareils cas de vérifier séparément les appareils et les transformateurs, et il expose une méthode qui lui a permis d'essayer des appareils à 50 000 volts et qui exige seulement que l'on dispose d'une source de petite puissance triphasée à basse tension.

**La traction mono-polyphasée,** par G. SARTORI (*Elettrotecnica*, 15 mai 1914).

Les revues techniques américaines ont donné tout récemment des notices concernant un nouveau type de locomotive que les deux grandes firmes General Electric Company et Westinghouse vont expérimenter. L'idée de cette locomotive, dans laquelle l'alimentation est faite avec du courant monophasé, tandis que les moteurs sont du type polyphasé, est due à M. Alexanderson, ingénieur-conseil.

L'auteur résume une conférence qu'il a faite sur ce sujet à l'A. E. I., section de Bologne; il se borne à expliquer en détail la théorie du transformateur de phase, appareil, destiné à fournir un deuxième courant, décalé d'un quart de période pour des moteurs biphasés, tandis que le premier courant est fourni directement par la ligne à travers un transformateur statique qui réduit considérablement la tension et en rend possible la régulation.

**Quelques oscillogrammes de courant observés dans deux circuits couplés inductivement,**

par M. G. VALLAURI (*Elettrotecnica*, 15 février 1914).

L'auteur présente une série d'oscillogrammes observés avec différents degrés d'accouplement, à partir d'un accouplement extrêmement étroit, jusqu'à un accouplement très lâche. Aussitôt que le degré d'accouplement devient assez faible, on voit distinctement

dans les oscillogrammes les battements caractéristiques qui indiquent le passage alternatif de l'énergie du primaire au secondaire et vice-versa. Dans le cas d'accouplement extrêmement étroit, la première période des oscillations présente des anomalies, qui sont seulement apparentes, parce qu'elles peuvent être expliquées au moyen de la théorie générale des circuits couplés.

**Les applications des moteurs thermiques à la traction sur voies ferrées, par**  
M. SAINT-MARTIN (*Société belge d'Electriciens*, 25 avril 1914).

La traction à vapeur semble arrivée au point culminant de son développement. La locomotive des grands chemins de fer occupe le gabarit maximum permis et sa puissance pourrait difficilement être encore augmentée. Par suite des complications de son mécanisme perfectionné, cet engin est devenu d'une conduite délicate et d'un entretien onéreux.

D'autre part, la traction à vapeur présente un défaut insurmontable, qui est l'insuffisance de son rendement thermique. En effet, dans les meilleures machines, le rendement final, en partant de la combustion de la houille pour aboutir à l'énergie mécanique appliquée aux essieux moteurs, ne dépasse pas 4 pour 100.

Avec la traction électrique, des résultats plus satisfaisants sont obtenus; le rendement global atteint 8 pour 100. Mais l'emploi de l'électricité dans la traction exige un équipement très coûteux et le capital investi ne se trouve rémunéré que si le trafic est suffisamment intense. On peut poser comme un axiome que l'électrification des lignes de chemins de fer d'importance moyenne ou de lignes vicinales de grande longueur met l'exploitant en déficit.

Une solution favorable est fournie par le moteur à essence ou à pétrole. On réalise actuellement des moteurs de ce genre, d'une robustesse, d'une régularité de fonctionnement et d'une souplesse compatibles avec les besoins de la traction. Leur rendement thermique est très élevé, ce qui permet d'arriver à un rendement global de 20 pour 100 environ, d'où une compensation quant au prix de la houille par rapport à celui du pétrole ou même de la benzine.

Cependant le moteur à explosion présente plusieurs défauts inguérissables: il ne démarre pas de lui-même, il ne possède pas une souplesse comparable à celle des autres systèmes et l'on ne peut dépasser sa puissance normale sans qu'il s'arrête. Pour y parer, des tentatives plus ou moins heureuses ont été faites; on lui a, notamment, adjoint une dynamo produisant l'énergie électrique, consommée ensuite dans des moteurs commandant les essieux.

Afin de pouvoir appliquer le moteur à explosion dans les conditions les plus avantageuses, un inventeur belge, M. Henri Pieper a conçu une automotrice à récupération, dans laquelle ce moteur est accouplé à une dynamo avec batterie d'accumulateurs. Lorsque la puissance requise dépasse celle du moteur à explosion, la dynamo s'alimente à la batterie; elle travaille alors comme moteur et vient en aide à la traction. Quand la puissance du moteur excède celle qui est nécessaire, la dynamo fonctionne comme génératrice et recharge la batterie. De la sorte, le moteur à explosion marche toujours à une puissance uniforme : celle qui lui convient le mieux.



**BIBLIOGRAPHIE.**

---

**Les moteurs Diesel** (type fixe et type marine), par A.-P. CHALKLEY. Introduction par M. le D<sup>r</sup> Rudolf DIESEL. (Trad. par M. Ch. LORDIER.) Paris, H. Dunod et Pinat, 1912; un vol. in-8, xvi-250 pages, 82 figures.

Cet Ouvrage est sans doute le plus complet qui ait été exclusivement consacré au moteur Diesel. Écrit au moment où ce genre de moteurs commence à se vulgariser sur terre et sur mer après une période d'essais qui ont en partie confirmé les espérances fondées au début sur le moteur à combustion interne, il contient donc des résultats pratiques d'exploitation. L'auteur fait précéder son Ouvrage d'une théorie des moteurs thermiques destinée à en faciliter la lecture par les non-techniciens; les notations de l'édition anglaise ont été modifiées par le traducteur en vue de les rendre conformes à celles qui sont en usage en France. Le cycle Diesel à deux ou quatre temps est ensuite décrit. Puis vient la description détaillée des organes de la machine, l'étude de la construction des différents types (type à marche lente, à marche rapide, à deux et à quatre temps), de leur conduite, de leurs essais. Les moteurs du type marine sont étudiés à la fin de l'Ouvrage et les raisons qui militent en faveur de leur emploi sont complètement développées. Un Appendice placé à la fin du Volume contient la spécification complète annexée à la demande de brevet déposée par M. le D<sup>r</sup> Diesel au Bureau des brevets anglais. Cet Ouvrage, d'ordre tout à fait pratique, est destiné à intéresser à la fois le mécanicien et l'exploitant. L'auteur qui témoigne, du début jusqu'à la fin, combien il est fervent partisan du nouveau moteur, apporte à l'appui de sa conviction un grand nombre de données expérimentales et d'arguments d'un grand poids.

**La télégraphie sans fil et la loi. Réglementation. Technique usuelle**, par M. A. PERRET-MAISONNEUVE. Préface de M. BRANLY. Avant-Propos de M. DALIMIER. Paris, H. Desforges, 1914; un vol. in-8°.

La télégraphie sans fil a passionné non seulement les praticiens, mais le public; c'est ce qui explique les nombreux Ouvrages consacrés à ce nouveau mode de transmission de la pensée.

Le Livre dont nous rendons compte est des plus curieux à ce sujet. On y trouve tout d'abord les différents décrets et les différentes conventions relatifs à la T. S. F., puis l'auteur, un magistrat du reste, examine le projet prêté aux gouvernements d'interdire la réception des dépêches par les particuliers, et conclut que cette interdiction serait arbitraire et inutile « aussi arbitraire (nous citons) que celle faite jadis à notre mère Ève de croquer la pomme ! ».

Abandonnant ensuite le domaine du droit, l'auteur aborde le domaine technique, donne des renseignements sur la manière de construire un poste, de réaliser un détecteur, nous parle des parafoudres et finit par nous décrire le poste de Leschaux.



**Tables annuelles de constantes et données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie**, publiées sous le patronage de l'Association internationale des Académies par le Comité international nommé par le VII<sup>e</sup> Congrès de Chimie appliquée. Vol. II, année 1911. Paris, Gauthier-Villars, 1913; un vol. in-4°.

Nous ne pouvons que répéter pour ce deuxième volume ce que nous avons dit pour le premier, à savoir l'utilité qu'il y a pour les physiciens et les industriels à trouver réunis dans un même Ouvrage toutes les valeurs numériques déterminées dans le courant d'une année et éparses dans diverses publications.

Nous ne pouvons donc que remercier les collaborateurs de cet Ouvrage de la tâche ardue qu'ils s'imposent et souhaiter l'apparition du troisième volume.

**Formulaire du candidat-ingénieur**, par M. PERCHERON; édition de poche (2<sup>e</sup> édition). Paris, H. Dunod et Pinat.

Quoique plus spécialement destiné aux élèves qui préparent leur admission aux grandes écoles d'ingénieur et aux candidats à l'obtention du diplôme, ce petit formulaire constitue en même temps, un *memento* intéressant pour tous ceux qui s'occupent de questions techniques.

L'exiguïté de son format (8 × 11) et son faible volume le rendent très portable.

**Manuel pratique de prévention des accidents de travail**, par MM. L. ZACON  
et R. LEFEBVRE. Paris, *Edition technique*, 1913; 1 vol.

Par leur nombre, leur importance et la dépense qu'impose leur légitime réparation, les accidents du travail constituent pour l'industrie une charge considérable; leur prévention par le maximum de sécurité assuré à l'ouvrier, doit donc faire partie des préoccupations des chefs d'entreprises au même titre que les conditions économiques ou financières.

C'est pour éclairer les intéressés sur les moyens, souvent faciles, de parvenir à ce résultat que ce *Manuel pratique* examine successivement la cause des divers accidents déterminés par les machines motrices et les transmissions, par les machines servant au travail des métaux ou du bois, par les appareils de levage, par les courants électriques, etc., en indiquant pour chaque cas, et avec figures à l'appui, les mesures propres à conjurer ces accidents.

L'Ouvrage reproduit d'ailleurs les dispositions réglementaires relatives à l'hygiène et à la sécurité des travailleurs et, notamment, le texte du décret du 1<sup>er</sup> octobre 1913 « sur la sécurité des travailleurs dans les établissements industriels qui mettent en œuvre des courants électriques ».

**L'association en participation et ses applications. [Les syndicats financiers]**,  
par M. A. FOULOUZE. Paris, Arthur Rousseau, 1914; 1 vol.

Ouvrage de droit dans lequel l'auteur traite essentiellement de l'association en participation, cette forme nouvelle de société qui ne répond à aucun des types réglementés par le législateur, dont l'existence n'est que constatée, en quelque sorte, par le Code de Com-

merce et qu'il considère, cependant, comme portant à son plus haut degré, en nombre de cas, l'utilité et la souplesse du groupement en société.

Ce remarquable travail est divisé en deux parties : dans la première, l'auteur étudie l'association en participation tant au point de vue externe, dans ses relations avec les tiers, qu'au point de vue interne dans les relations de ses membres entre eux; dans la deuxième partie, après avoir cherché à délimiter le domaine d'application de l'association en participation, il examine quelques particularités de l'une de ses applications, spécialement intéressante et toute moderne : les syndicats financiers.

**Die Schutzvorrichtungen der Starkstromtechnik gegen atmosphärische Entladungen und Ueberspannungen**, von Dr. Gustav BENISCHKE. 2<sup>e</sup> édition augmentée. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn; un vol. in-8, avec figures. (Collection *Elektrotechnik in Einzel-Darstellungen*, Heft 1.)

Les questions traitées dans cet Ouvrage sont parmi les plus délicates de l'Électrotechnique. Il est peu de domaines où l'on rencontre plus de théories hasardées, plus d'appareils mal appropriés au but qu'on se propose. C'est qu'il s'agit en effet de phénomènes difficiles à élucider par des expériences de laboratoire et peu accessibles au calcul à cause de leur complexité. Le livre clair et précis du Dr Benischke sera donc particulièrement bien accueilli par les ingénieurs de réseaux.

Les différences de potentiel accidentelles qui peuvent constituer un danger pour les installations électriques appartiennent à deux catégories différentes : ou bien elles ont leur origine dans les décharges atmosphériques; ou bien elles proviennent du réseau lui-même; ce sont alors les surtensions proprement dites. L'auteur résume d'abord en quelques pages la question des décharges atmosphériques. Puis il s'étend beaucoup plus longuement sur les surtensions propres aux réseaux. Il précise les conditions où elles prennent naissance et étudie les différents facteurs susceptibles de les amplifier ou de les étouffer. Toute cette partie du volume est illustrée de très intéressants oscillogrammes.

La seconde moitié de l'Ouvrage est consacrée aux systèmes imaginés pour protéger les lignes et les stations contre les surtensions : capacités, résistances inductives ou non inductives, parafoudres de différents types. Sans énumérer tous les appareils brevetés dont la liste serait longue et fastidieuse, l'auteur insiste sur les dispositifs dont la pratique a révélé l'efficacité.

**Wechselstromversuche**, von Dr. Anton LAMPA. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn; un vol. in-8, avec figures. (Collection *Die Wissenschaft*, Heft 42.)

Dans les quatre Chapitres qui constituent cet Ouvrage, l'auteur s'est efforcé de réunir toute une série de phénomènes et d'expériences propres à mettre en lumière les propriétés les plus importantes des courants alternatifs. Les dimensions exigües du volume ne se prêtaient pas au développement d'une théorie complète; mais le lecteur trouvera un grand nombre de vues intéressantes et d'expériences suggestives.

Le premier Chapitre est relatif à la conduction en courant alternatif. On y trouve discutée l'influence des constantes du circuit : résistance, self-induction, capacité.

Le deuxième Chapitre traite de l'induction et des forces pondéromotrices.

Le troisième Chapitre est consacré au champ magnétique tournant et le quatrième au champ électrostatique tournant.

Dans cette dernière partie de son travail, l'auteur touche au problème encore si peu connu de l'hystérésis diélectrique.

Les nombreuses expériences décrites dans le volume ont été choisies avec un soin judicieux. Elles n'exigent que des dispositifs peu compliqués; et des indications numériques précises permettent au lecteur de les reproduire aisément.



## LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

---

La Bibliothèque est ouverte aux Membres de la Société, tous les jours  
de 3 heures à 6 heures, excepté les dimanches et jours de fêtes,  
12, rue de Staël.

---

### France.

- Association (L') en participation et ses applications. Les syndicats financiers*, par FOULHOUZE. Paris, Arthur Rousseau, 1914; 1 vol. in-8°, broché. (*Don de l'auteur.*)
- Cémentation (La) de l'acier*, par Frédéric GIOLITTI. Traduction française revue par Albert PORTEVIN. Paris, A. Hermann et fils, 1914; 1 vol. in-8°, cartonné toile. (*Don de l'éditeur.*)
- Installations électriques de Force et Lumière. Schémas de connexion*, par Adr. CURCHOD. Paris, Dunod et Pinat, 1914; 1 vol. in-8°, broché. (*Don de l'éditeur.*)
- Machines à vapeur (Les)*, par le commandant F. CORDIER. Paris, O. Doin et fils, 1914; 1 vol. in-8, cartonné toile. (*Encyclopédie scientifique*) (*Don des éditeurs.*)
- Manuel pratique de prévention des accidents du travail*, par Louis ZACON et René LEFEBVRE. Paris, Les Éditions techniques, 1913; 1 vol. in-8, broché. (*Don de la compagnie d'assurances « La Prévoyance ».*)
- Méthodes et appareils de mesures électriques et magnétiques (3<sup>e</sup> partie)*, par A. ILIOVICI. Paris, L. Geisler, 1912; 1 vol. in-8, broché. (*Encyclopédie électro-technique*, 22<sup>e</sup> fascicule) (*Don de l'éditeur.*)
- Paramagnétisme (Le) appliqué à l'étude de sels métalliques*. Conférence faite le 11 juin 1913, par M<sup>lle</sup> E. FEYTIS. Paris, A. Hermann et fils, 1914; 1 broch. in-8°. (Publications de la Société de Chimie et Physique.) (*Don de l'éditeur.*)
- Protection (La) des réseaux et des installations électriques contre les surtensions*, par G. CAPART. Préface de M. L. BARBILLION. Paris, Dunot et Pinat, 1914; 1 vol. in-8, broché. (*Don des éditeurs.*)

*Radiations visibles et invisibles.* Conférences faites par SILVANUS-P. THOMPSON, traduites et annotées par L. DUNOYER; 2<sup>e</sup> édition revue et augmentée. Paris, A. Hermann et fils, 1914; 1 vol. in-8°, broché. (*Don de l'éditeur.*)

*Relations entre la constitution chimique et la coloration des corps organiques.* Conférence faite le 10 décembre 1913 par M. André MEYER. Paris, A. Hermann et fils, 1914; 1 broch. in-8°. (Publications de la Société de Chimie et Physique.) (*Don de l'éditeur.*)

*Surtensions (Les) dans les distributions d'énergie électrique et les moyens d'en prévenir les inconvénients,* par I. VAN DAM. Paris, Gauthier-Villars, 1 vol. in-8 broché. (*Don de l'éditeur.*)

*Téléphone (Le), instrument de mesure. Oscillographie interférentielle,* par Augustin GUYAU. 2<sup>e</sup> édition, revue et augmentée. Paris, Gauthier-Villars, 1914; 1 vol. in-16, broché. (*Actualités scientifiques.*) (*Don de l'éditeur.*)

*Traité de Physique,* par O.-D. CHWOLSON. Traduit sur les éditions russes et allemandes par E. DAVAUX; t. V, fasc. 1. Paris, A. Hermann et fils, 1914; 1 vol. in-8°, broché. (*Don de l'éditeur.*)

### Étranger.

*Small switches, etc. and their circuits,* by W. PERREN MAYCOCK. London, S. Rentell and Co, 1911; 1 vol. in-8, relié toile. (*Don de M.M. Lundberg and Sons.*)

---

### IL Y A TRENTÉ ANS.

*Mai 1884.* — Théorie et formules pratiques des machines magnéto-électriques à courants alternatifs, par M. Félix LUCAS. — Recherches sur la conductibilité des métaux et de leurs alliages, par M. Lazare WEILLER.

Mémoires présentés : Note sur le rapport du Dr Hopkinson, par M. E. HOSPITALIER. — Signaux et manœuvres électriques à distance, par M. V. WILLIOT.

---



# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

# ÉLECTRICIENS.

---

## SOMMAIRE.

Compte rendu de la réunion mensuelle du 3 juin 1914 : Admission de Membres titulaires, p. 530.  
— Membres décédés, p. 530. — Les éclateurs en T. S. F. (M. le lieutenant-colonel **Ferrié**), p. 531. — Arborescences cristallines vues en lumière polarisée (M. **F. Robin**), p. 541. — La détermination des harmoniques d'une courbe de tension alternative par la méthode de résonance; quelques causes d'erreur; précautions à prendre (M. **de la Gorce**), p. 545. — Congrès de Lyon, p. 556. — Sur les machines électriques à haute fréquence. Leur théorie et leurs applications (M. **J. Bethenod**), p. 557. — Les transformateurs statiques de fréquence (M. **L. Joly**), p. 601. — Symboles cartographiques, p. 606.

CORRESPONDANCE, p. 556.

RESUMÉ DES COMMUNICATIONS ÉTRANGÈRES, p. 608.

BIBLIOGRAPHIE, p. 619.

OUVRAGES OFFERTS, p. 620.

IL Y A 30 ANS, p. 620.

---

## COMPTE RENDU

DE LA

## RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 3 juin 1914 <sup>(1)</sup>.

---

PRÉSIDENCE DE M. A. BROCA, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 20 h 45 m.

Le procès-verbal de la dernière réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts (voir p. 620) et des demandes d'admission suivantes :

---

(1) La Société n'est pas solidaire des questions émises par ses Membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

**Ejerton Banks** (Samuel-James), Sous-Directeur de la Westinghouse Cooper Hewitt Co Ltd, 31, avenue d'Eylau, à Paris. — Présenté par MM. Joly et Maurice Leblanc fils.  
**Neculcea** (Eugène), Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Jassy, Directeur de l'Institut électrotechnique de Jassy, à Jassy (Roumanie). — Présenté par MM. Janet et Sirghi.  
**Prudhomme** (Henry), 2, square du Croisic, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le Président fait part du décès de MM. *Berrier* et *Robert-K. Gray* : il en exprime les regrets de la Société et il ajoute :

« Nous avons appris avec beaucoup de regret la mort de M. R. K. Gray, décédé le 28 avril dernier à l'âge de 63 ans. Né en Écosse en juin 1851, M. Gray, après avoir commencé ses études en Angleterre, était venu les compléter à Paris en 1869. Peu après, il était entré au service de la Compagnie India Rubber, Gutta Percha and Telegraph Works, dont il devint administrateur en 1899 et administrateur-délégué en 1901 à la mort de son père, M. Matthew Gray.

» A partir de 1901 il eut à diriger toutes les branches de la production des usines de la Compagnie India Rubber. Malgré ces occupations absorbantes, il trouva le temps de s'adonner aussi à la Science : Il était membre de nombreuses sociétés savantes ; en 1903, il fut élu président de l'Institution of Electrical Engineers.

» Tous ceux qui l'ont connu gardent le souvenir de son invincible affabilité et de sa scrupuleuse droiture qui était devenue proverbiale aussi bien parmi ses concurrents que parmi ses amis et collaborateurs. »

M. le Président rappelle ensuite les dernières dispositions prises pour le voyage des congressistes à l'Exposition de Lyon et donne à ce sujet quelques indications complémentaires.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.



## SUR LES ÉCLATEURS EMPLOYÉS EN TÉLÉGRAPHIE SANS FIL.

M. le lieutenant-colonel FERRIÉ. — « Des trois procédés actuellement en usage pour engendrer des oscillations électriques : étincelles, arc, machines à haute fréquence, le premier est de beaucoup le plus employé et l'immense majorité des stations de télégraphie sans fil le comportent. Les progrès de la technique radiotélégraphique ont été d'ailleurs tels qu'à l'heure actuelle les divers systèmes ne diffèrent guère les uns des autres que par l'« éclateur », le choix de cet organe constituant la seule difficulté réelle que l'on rencontre dans l'établissement d'une station quelconque de télégraphie sans fil.

» On sait qu'il existe trois procédés pour engendrer des oscillations dans une antenne au moyen des étincelles de décharge d'un condensateur :

» Le premier, qui n'est employé que pour les stations de très faible puissance, consiste à charger le condensateur dont les armatures sont constituées par l'antenne et par la terre, et à le décharger par un éclateur de forme quelconque. Nous n'insisterons pas sur ce cas qui ne présente aucune difficulté.

» Le deuxième procédé consiste à donner naissance à des oscillations électriques, aussi peu amorties que possible, par la décharge d'un condensateur convenablement choisi dans un circuit fermé contenant aussi un éclateur, et à faire agir ce circuit par induction sur l'antenne mise à la terre et en résonance avec lui, de telle sorte que l'énergie passe lentement du circuit primaire dans le circuit secondaire. Les oscillations induites dans l'antenne faiblement couplée avec le circuit générateur de même période qu'elle, ont un amortissement d'autant plus réduit, toutes choses égales d'ailleurs, que le circuit générateur est lui-même moins amorti.

» Dans le troisième procédé, on cherche à rendre les oscillations du circuit générateur aussitôt amorties que possible et l'on couple fortement ce circuit avec l'antenne. L'énergie passe alors très rapidement du primaire dans le secondaire et l'antenne devient le

siège d'oscillations ayant sa période propre et un amortissement voisin en général de son amortissement propre. Ce procédé est désigné sous le nom d'excitation *par chocs*.

» Le but poursuivi dans tous les cas est de produire dans l'antenne des oscillations aussi peu amorties que possible. Nous n'avons pas à nous occuper ici de l'étude de ces divers phénomènes et nous devons nous borner à l'examen des types principaux d'éclateurs. Remarquons seulement que, suivant celui des procédés indiqués plus haut que l'on veut utiliser, on doit faire choix d'un éclateur favorisant l'amortissement des décharges ou bien au contraire d'un éclateur permettant des décharges très peu amorties.

» Dans un autre ordre d'idées, il est nécessaire, pour faciliter la réception des signaux, que l'on obtienne dans tous les cas une succession bien régulière des étincelles, de manière que le son produit par elles, qui est celui perçu dans les téléphones du poste correspondant, soit bien constant et même musical. Cette condition est assez difficile à réaliser pour les raisons suivantes :

» Lorsqu'une étincelle de décharge a jailli à un éclateur quelconque, le condensateur n'est généralement pas ramené à l'état neutre; il conserve une certaine charge, qui provient de ce que la décharge oscillante est interrompue lorsque la tension décroissante des oscillations n'est plus suffisante pour leur permettre de franchir l'intervalle des pôles de l'éclateur. Le fait a été mis en évidence depuis plusieurs années par MM. Villard et Abraham. Il faut remarquer que l'échauffement et l'ionisation produits par le début de la décharge sont tels que le potentiel explosif, correspondant à l'écartement des pôles de l'éclateur, se trouve grandement diminué néanmoins à la fin de la décharge, ce qui est avantageux. Comme d'autre part l'éclateur n'est pas identique à lui-même au moment de la production des diverses étincelles, par suite de son échauffement et des érosions de sa surface, la charge que conserve le condensateur n'est pas forcément la même après deux étincelles consécutives, toutes choses égales d'ailleurs. Il en résulte que, quel que soit le moyen employé pour charger le condensateur, il faudra un temps différent, après chacune des étincelles d'une série, pour amener la tension à avoir la valeur nécessaire pour que l'étincelle suivante jaillisse. Cette tension n'est en outre pas constante d'un

instant à l'autre par suite des différences d'échauffement et d'érosion des électrodes de l'éclateur.

» En résumé, les problèmes qui se posent dans l'établissement d'un éclateur sont les suivants :

» Obtenir, suivant le procédé choisi pour l'excitation d'une antenne, des oscillations aussi peu amorties que possible ou au contraire extrêmement amorties.

» Éviter un échauffement excessif et une usure irrégulière des électrodes.

» Réaliser une succession bien régulière des étincelles.

» Quand l'énergie mise en jeu est faible, ces diverses conditions sont assez faciles à satisfaire. Il n'en est pas de même dans le cas d'éclateurs de grande puissance, les difficultés deviennent au contraire considérables, surtout si la capacité du circuit générateur est grande par rapport à la tension de décharge.

» Nous allons examiner les divers types d'éclateurs employés en France et à l'étranger en commençant par ceux qui permettent d'obtenir des oscillations peu amorties.

» Lorsque le condensateur est chargé au moyen de courant alternatif à basse fréquence, avec résonance du circuit d'alimentation pour la période de ce courant, le nombre d'étincelles à la seconde est très réduit, il est en général de 20 à 50. Il est facile dans ce cas d'établir un bon modèle d'éclateur quelle que soit la puissance employée. Nous avons fait usage tout d'abord, depuis 1905, de cylindres parallèles de dimensions variables avec la puissance, fixes ou tournant sur eux-mêmes, en zinc ou en cuivre. Les étincelles se déplacent automatiquement le long des génératrices des cylindres et l'on évite ainsi aisément la formation d'arc et un échauffement excessif. Pour de très grandes puissances, nous avons trouvé préférable de faire jaillir les étincelles entre un plateau et les bords d'un tube épais par l'intérieur du quel on dirige un courant d'air. Les étincelles se déplacent automatiquement sur les bords du tube. La soufflerie d'air refroidit suffisamment les électrodes et chasse l'air ionisé par les décharges. On obtient ainsi un excellent rendement et une succession assez régulière des étincelles.

» Ce genre d'émission désigné sous le nom d'émission « à étincelles rares », est à peu près complètement abandonné aujourd'hui

pour les communications télégraphiques proprement dites, il n'est plus guère usité que pour l'envoi de signaux destinés à la mesure du temps (Tour Eiffel). Il a été reconnu pour cet usage nettement supérieur aux émissions comportant un très grand nombre d'étincelles à la seconde (émissions musicales). Celles-ci au contraire, bien qu'elles donnent des portées moins grandes pour une même puissance <sup>(1)</sup>, doivent être préférées pour le service télégraphique normal, car le son qu'elles permettent de percevoir dans les téléphones du récepteur correspondant est beaucoup plus aisé à suivre au milieu des perturbations électriques naturelles que le son des « étincelles rares ».

» On a donc cherché à multiplier le nombre d'étincelles à la seconde. Avec du courant à basse fréquence, ce résultat peut être obtenu en rapprochant suffisamment les électrodes de l'éclateur pour obtenir plusieurs étincelles par alternance du courant, mais les intervalles des étincelles sont très irréguliers et le son obtenu est grinçant. De plus, il est nécessaire de souffler fortement pour éviter un échauffement excessif des électrodes et la formation d'arc.

» Un résultat analogue est obtenu sans soufflerie en constituant l'éclateur, comme nous l'avons fait avec M. Blondel dès 1902, par une roue dentée tournant devant deux pièces fixes constituant les deux pôles de l'éclateur. On peut également disposer avec avantage les dents suivant une hélice tracée sur la surface d'un cylindre tournant entre deux larges plaques métalliques fixes constituant les pôles. On parvient parfois ainsi, moyennant de bons réglages, à obtenir un son presque musical.

» Ce même genre d'éclateur peut être employé quand le courant d'alimentation est du courant continu à haute tension.

» Avec du courant alternatif à grande fréquence (500 à 1000), il est plus difficile d'obtenir, avec un éclateur à électrodes fixes, une succession régulière des étincelles, c'est-à-dire un son musical. Pour de faibles puissances, on obtient cependant de bons résultats avec des électrodes en forme de tores parallèles ou de plateaux,

---

(1) Ce fait est dû à ce que les détecteurs employés dans la pratique se comportent à peu près comme des voltmètres et qu'ils sont d'autant plus actionnés que la tension maximum de chaque train d'ondes est plus considérable, toutes choses égales d'ailleurs.

ou bien en faisant jaillir les étincelles soit entre une pointe et un plateau, soit entre les bords d'un tube mince et un plateau, soit entre les bords de deux tubes, et en soufflant l'étincelle au moyen d'un courant d'air produit par un petit ventilateur. Le soufflage a pour effet d'éviter la formation d'arc et de refroidir les électrodes. La nature du métal des électrodes a une importance très grande.

» Le problème devient de plus en plus difficile à résoudre à mesure qu'on augmente la puissance mise en jeu. De nombreux essais ont été faits à la Tour Eiffel en variant les formes et la nature du métal des électrodes de l'éclateur, et il a été reconnu que, pour des puissances supérieures à 50 kilowatts, il y avait un très grand intérêt à déplacer automatiquement le point de jaillissement des étincelles.

» De bons résultats ont été obtenus en particulier avec un éclateur constitué de la manière suivante : une des électrodes de l'éclateur est constituée par un tube de 15<sup>cm</sup> de diamètre, dont l'extrémité arrondie est en cuivre rouge et a 2 cm d'épaisseur. L'autre électrode, également en cuivre rouge, a la forme d'un champignon dont l'axe est parallèle à celui du tube, et se déplace parallèlement à lui-même suivant les génératrices d'un cylindre, mais sans tourner. Ce résultat est obtenu en emboîtant la tige creuse du champignon sur une sorte de manivelle actionnée par un petit moteur électrique <sup>(1)</sup>. On peut ainsi fixer une communication souple sur cette tige puisqu'elle ne tourne pas sur elle-même. Les étincelles jaillissent entre les bords du tube et ceux du champignon en des points constamment variables, le cercle des bords du champignon étant excentré par rapport au cercle des bords du tube et se déplaçant continuellement à l'intérieur de celui-ci. Un courant d'air, à la pression de 40 cm d'eau, est lancé par l'intérieur du tube; son rôle est de souffler l'étincelle et de refroidir suffisamment les électrodes. La distance explosive d'une part et l'excitation de l'alternateur d'autre part doivent être réglées de manière que chaque étincelle jaillisse à un maximum de la courbe de tension du courant.

» Il a été possible de mettre en jeu une puissance de 150 kilo-

---

(1) Ce dispositif mécanique est dû à M. Laüt, de la Tour Eiffel.

watts avec cet éclateur. Le condensateur ayant une capacité de  $\frac{7}{10}$  de microfarad. Le rendement obtenu est excellent. Le son est également bon, toutefois il est nécessaire que le réglage de la position du champignon par rapport au tube soit fait avec le plus grand soin, de manière que la distance explosive soit la même quelle que soit la position du champignon. Ce réglage est assez délicat à faire, aussi le son contient-il parfois des crachements. Ceux-ci sont dus aussi à la Tour Eiffel, à ce que la fréquence du courant d'alimentation varie sans cesse par suite des variations de tension du courant qui actionne le moteur électrique entraînant la génératrice. Comme le circuit d'alimentation est réglé à la résonance pour la fréquence 1000, les étincelles jaillissant toutes les deux périodes du courant, cette résonance est constamment détruite par les variations de fréquence et la tension de charge du condensateur est aussi constamment variable. L'usure du champignon et du tube est très régulière et très faible; un dispositif mécanique permet d'ailleurs de varier à volonté la distance explosive en cours de marche et de corriger, le cas échéant, les variations du potentiel explosif dues soit à l'échauffement, soit à l'usure des électrodes. L'appareil est donc simple, robuste et peu coûteux. Son entretien est presque nul.

» La Société française radioélectrique fait usage d'un éclateur analogue dans lequel on a supprimé la mobilité du champignon, les deux électrodes étant refroidies avec une circulation d'eau. De plus, le tube servant d'électrode est entouré d'un deuxième tube de diamètre plus grand et de l'air est insufflé dans les deux.

» A l'étranger on donne en général la préférence aux classiques éclateurs tournants analogues à ceux qui ont été décrits plus haut. Quand le courant d'alimentation est à fréquence musicale, il y a évidemment intérêt, pour obtenir un son musical, à disposer l'éclateur de telle sorte que les dents de la roue mobile arrivent en face des électrodes fixes aux moments où la tension est maximum. On peut aisément obtenir un nombre d'étincelles égal à celui des alternances; on a un sous-multiple de celles-ci en supprimant un nombre convenable de dents. Le moyen le plus simple d'obtenir la synchronisation de l'éclateur et de la tension est évidemment de monter la roue dentée sur l'axe même de la génératrice du courant

d'alimentation, le nombre de dents de la roue étant égal à celui des pôles de la génératrice (ou à un sous-multiple). Les deux électrodes fixes doivent pouvoir être un peu déplacées de manière à faire jaillir les étincelles au moment de la phase la plus favorable de la tension. Si la puissance mise en jeu est considérable, il est nécessaire de refroidir les électrodes fixes soit par une circulation d'eau (Fessenden), soit en les constituant au moyen de disques métalliques, rendus mobiles de manière à changer continuellement le point de jaillissement des étincelles sur leur tranche (Marconi).

» Le réglage est toujours fait de manière que la distance qui sépare les dents des électrodes fixes soit aussi faible que possible. Le meilleur réglage obtenu est en général tel que les étincelles jaillissent avant que les dents ne soient en face des électrodes fixes, et chaque décharge est généralement terminée au moment où les dents s'éloignent des électrodes fixes. Il est intéressant de remarquer aussi que la longueur et par suite la résistance de l'étincelle décroissent pendant une décharge, et que l'amortissement de celle-ci se trouve réduit. Toutefois, si l'on donne à la roue une vitesse très considérable et si les éléments du circuit de décharge sont tels que la longueur d'onde soit très grande, et la tension de décharge du condensateur très réduite, il est évident qu'il ne pourra se produire à chaque décharge qu'un très petit nombre d'oscillations et qu'on pourra obtenir ainsi de l'excitation par chocs.

» Ce type d'éclateur est certainement celui qui offre le plus de garanties de bon fonctionnement à tous points de vue. Il présente cependant un grave inconvénient, celui de nécessiter la juxtaposition de la génératrice et des circuits de haute tension, condition qui n'est pas toujours réalisable et qui offre d'ailleurs de sérieux dangers pour le personnel et le matériel dans les stations de grande puissance.

» Pour obtenir des décharges très amorties et réaliser l'excitation par chocs dans les meilleures conditions de rendement, on fait généralement usage d'éclateurs divisés, c'est-à-dire d'éclateurs dans lesquels l'étincelle de décharge est fractionnée en parties ayant chacune une longueur inférieure à  $\frac{1}{4}$  de millimètre.

» Le premier type d'éclateur de ce genre a été créé par la Com-

pagnie Telefunken en 1908, d'après les travaux du professeur Wien. Il est constitué par une série de disques parallèles, de dimensions variables avec la puissance mise en jeu, et empilés très exactement à l'aide de tiges isolées qui les traversent tous près des bords. Les étincelles jaillissent entre les parties centrales des disques convenablement surépaissies et maintenues à un écartement convenable par des rondelles de mica. Quand la puissance mise en jeu est considérable, il devient nécessaire de souffler sur les disques pour éviter un échauffement excessif qui diminuerait par trop le potentiel explosif. Les disques sont parfois remplacés par des tores concentriques, de même diamètre ou de diamètre croissant.

» Nous avons établi en 1909 un modèle d'éclateur divisé, constitué par des lames de cuivre disposées suivant les génératrices d'un cylindre, et accouplées deux à deux pour permettre le réglage d'un intervalle explosif quelconque sans toucher aux autres intervalles. Ce modèle d'éclateur a été aussi expérimenté avec succès à la même époque dans le gaz d'éclairage.

» La Compagnie générale radiotélégraphique a créé, en 1910, un modèle d'éclateur analogue formé de cylindres de cuivre rouge terminés par des cylindres plus petits prenant appui avec un jeu suffisant sur des supports fixés à deux bandes d'ébonite. En déplaçant longitudinalement une de ces bandes, on peut faire varier à volonté l'intervalle existant entre les cylindres. Les résultats obtenus sont d'autant meilleurs que la capacité du circuit de décharge est plus faible.

» La même Compagnie ajoute parfois en série, avec cet éclateur divisé, un éclateur synchrone semblable à celui qui a été décrit plus haut.

» Enfin nous avons réalisé en 1913 un éclateur de construction très simple, pouvant donner l'effet Wien et constitué de la manière suivante :

» Un cercle métallique, de 5 mm d'épaisseur environ et de 60 cm de diamètre, est divisé suivant un diamètre en deux parties égales séparées par un intervalle de 2 cm environ et reliées au circuit générateur, constituant ainsi les deux pôles de l'éclateur. Une palette, en cuivre de même épaisseur, tourne autour d'un axe perpendiculaire au plan du cercle et passant par son centre. Il se



produit donc deux étincelles en série entre la palette et les demi-cercles. La vitesse de rotation étant très grande, chaque décharge est interrompue après un très petit nombre d'oscillations et l'on peut parvenir à réaliser ainsi de l'excitation par chocs. Toutefois l'interruption ne se fait pas toujours au même instant de la décharge, et la charge qui demeure après elle dans le condensateur n'est pas constante, aussi le son obtenu n'est-il pas pur. Ce modèle d'éclateur a été essayé jusqu'à 80 kilowatts et a donné un excellent rendement.

» Il convient de remarquer qu'on obtient fréquemment, avec un modèle quelconque d'éclateur, un mélange des deux procédés d'excitation. On ne peut éviter ce mélange qu'en réglant convenablement les couplages et les divers organes des circuits.

» En résumé, la construction d'un éclateur donnant un son musical assez aigu, qui constitue à l'heure actuelle la seule difficulté sérieuse que l'on rencontre dans l'établissement d'une puissante station radiotélégraphique par étincelles, peut être réalisée de plusieurs manières différentes dans des conditions satisfaisantes <sup>(1)</sup>. Il semble toutefois que l'on ait intérêt pour le moment à donner la préférence au modèle classique d'éclateur tournant synchrone, monté sur l'axe de la génératrice du courant, chaque fois que les circonstances locales permettront de l'installer sans danger. »

M. le Président remercie M. le lieutenant-colonel Ferrié.

---

(<sup>1</sup>) Il est intéressant de remarquer que les principes de la plupart des dispositions décrites dans la présente Note (éclateur synchrone, emploi d'une soufflerie, éclateurs divisés) avaient été indiqués par Tesla dès 1893, ainsi que cela a été signalé récemment.



ARBORESCENCES CRISTALLINES VUES A LA LUMIÈRE POLARISÉE.

M. Félix ROBIN. — « Les vues en couleurs que nous présentons ce soir à la Société n'ont malheureusement qu'un rapport très lointain avec l'électricité, à moins qu'on ne veuille voir une corrélation entre les phénomènes électriques et le phénomène général de croissance, ce qui ne serait pas entièrement nouveau, car Marcelin Berthelot a parlé dans ce sens relativement aux végétaux, Pierre Curie et plusieurs autres savants l'ont fait pour les minéraux et les cristaux.

» Les *vues* suivantes, se rapportant à des phénomènes de croissance cristalline, sont prises au *microscope en lumière polarisée*, à l'aide de l'appareil spécial à projection que nous avons établi, il y a plusieurs années, pour l'étude des métaux et des cristaux <sup>(1)</sup>. Elles ne seront présentées ici que dans un but purement artistique. Des paysages ont été composés non seulement en orientant les croissances cristallines par des procédés particuliers, en en faisant varier les couleurs de polarisation afin d'obtenir les plus curieux effets, mais encore en superposant sur une même plaque plusieurs photographies.

» Grâce à certaines dispositions et surtout à l'orientation optique en fond noir ou très sombre, nous pouvons prendre sur le même cliché jusqu'à quatre et cinq vues différentes dont nous orientons les motifs de façon qu'ils se complètent sans se mêler et dont nous modifions les couleurs (par l'interposition de lames teinte sensible) de façon à obtenir la meilleure harmonie.

» Les *cristallisations arborescentes* que nous produisons nécessitent la préparation de mélanges salins convenables (jusqu'à 5 à 7 substances) dictés par l'empirisme pur, puis un ensemencement méthodique à l'aide de fines baguettes de verre enduites de germes cristallins, enfin un chauffage, une évaporation, une dessiccation

---

(1) *Traité de Métallographie* (Hermann, éditeur).

méthodique de ces minces enduits à la surface de lames de verre, opération dans lesquelles interviennent également de nouvelles dissolutions suivies de recristallisation, la projection de l'haleine sur les cristallites en formation, etc. Notre but était surtout

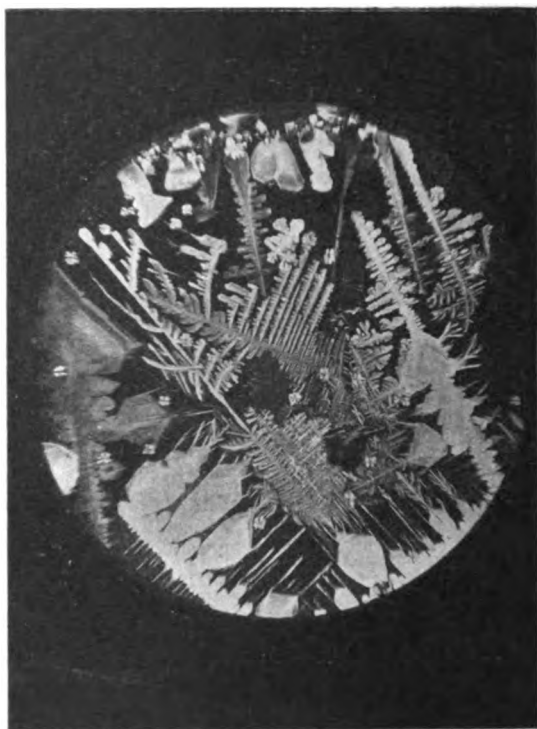


Fig. 1.

d'étudier la *croissance cristalline* et ses rapports avec les croissances animales et végétales.

» On sait qu'une solution lentement évaporée cherche à cristalliser suivant des formes cristallines géométriques très régulières : certaines substances paraissent ne pouvoir jamais produire que des édifices rectilignes dans leur ensemble et dans leur détail. Lorsque la cristallisation est gênée par divers moyens, dessiccation d'une lame très mince, mise en solution de certains sels, il se produit localement des croissances que nous pourrions appeler « croissances amorphes », où des colonnes de petits cristaux se développent suivant des directions plus ou moins arborescentes à motifs

rectilignes ou parfois plus curieusement à motifs curvilignes.

» M. Poivet, du Mans, nous a grandement aidé dans la découverte des procédés de cristallisation artistique. Le meilleur procédé pour la production, si difficile, d'arborescences courbes et



Fig. 2.

frisées est dû à ses patientes recherches. Chacun peut arriver à produire des arborescences curvilignes sur des vitres couvertes de buée dont une face est exposée à l'air extérieur, lorsque la température est très basse. La vitre incomplètement essuyée reste couverte d'une légère couche d'eau qui cristallise plus ou moins rapidement suivant des formes plus ou moins curieuses, parfois arborescentes.

» L'introduction de mélanges salins dans certaines solutions modifie l'antagonisme des forces de croissance cristalline et de croissance amorphe, et il peut en résulter des formes spéciales d'assemblages de cristallites. Déjà nous avons pu obtenir des for-

mations simples et des assemblages de structures diverses qui rappellent diverses structures végétales ou animales.

» Les figures 1 et 2 donnent une idée des formes arborescentes les plus simples dont nous nous servons; l'absence de couleurs leur enlève malheureusement la plus grande partie de leur effet. »

M. le Président remercie M. F. Robin.

**LA DÉTERMINATION DES HARMONIQUES D'UNE COURBE DE TENSION ALTERNATIVE  
PAR LA MÉTHODE DE RÉSONANCE. — QUELQUES CAUSES D'ERREUR. — PRÉCAU-  
TIONS A PRENDRE.**

M. P. DE LA GORCE. — « Pupin <sup>(1)</sup> a montré dès 1893 que le principe de la résonance permet d'analyser une courbe de différence de potentiel alternative. Mais c'est seulement après l'invention de l'oscillographe et à la suite des travaux de M. Armagnat que ce procédé de mesure s'est généralisé. Dans des Mémoires publiés en 1902 <sup>(2)</sup>, M. Armagnat a exposé et discuté la méthode et précisé les conditions expérimentales qui permettent de l'appliquer pratiquement.

Nous rappellerons d'abord en quelques mots les grandes lignes de la méthode de résonance.

Soit une différence de potentiel alternative quelconque, elle peut toujours s'écrire, d'après le développement en série de Fourier sous la forme suivante :

$$U = u_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + u_3 \sin(3\omega t + \varphi_3) + \dots + u_n \sin(n\omega t + \varphi_n) + \dots$$

$n$  étant un nombre impair.

» On se propose de déterminer l'amplitude relative des divers harmoniques par rapport à celle de l'harmonique fondamental, c'est-à-dire les rapports

$$\frac{u_3}{u_1}, \quad \frac{u_5}{u_1}, \quad \dots, \quad \frac{u_n}{u_1}.$$

» Si l'on connecte entre les bornes AB (*fig. 1*) un circuit comprenant une résistance  $R$ , une self-induction  $L$ , une capacité  $C$ , le courant circulant dans le circuit aura pour expression :

$$I = i_1 \sin(\omega t + \psi_1) + i_3 \sin(3\omega t + \psi_3) + \dots + i_n \sin(n\omega t + \psi_n) + \dots$$

---

<sup>(1)</sup> PUPIN, *American Journal of Science*, t. XLV, 1893, p. 429, et *Transactions of American Institut of Electrical Engineers*, t. XI, 1894, p. 523.

<sup>(2)</sup> ARMAGNAT, *Journal de Physique*, 4<sup>e</sup> série, t. I, 1902, p. 345, et *Éclairage électrique*, t. XXX, 1902, p. 373.

où

$$i_n = \frac{u_n}{\sqrt{R_n^2 + \left(nL\omega - \frac{1}{nC\omega}\right)^2}}.$$

» Si les valeurs de la capacité et de la self sont réglées de manière

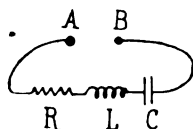


Fig. 1.

que l'harmonique  $n$  entre en résonance, on a simplement :

$$i_n = \frac{u_n}{R_n}.$$

» Nous avons soin d'écrire  $R_n$  pour préciser tout de suite qu'il s'agit de la *résistance totale effective du circuit oscillant à la fréquence  $n$* . Si la constante de temps  $\frac{L}{R}$  est assez élevée, l'importance du terme  $i_n$  sera prépondérante vis-à-vis des autres termes  $i_3, i_5, \dots, i_{n-2}, i_{n+2}$ , etc., et l'on obtiendra à l'oscillographe une courbe de fréquence  $n$  à peu près pure, dont l'amplitude  $A_n$  est proportionnelle à  $i_n$ . Des relevés analogues effectués sur chacun des harmoniques fournissent  $A_1, A_3, A_5, \dots$ , etc. Or les rapports

$$\frac{u_3}{u_1}, \frac{u_5}{u_1}, \dots, \frac{u_n}{u_1},$$

qui définissent l'importance de ces harmoniques, sont respectivement égaux à

$$\frac{R_3 A_3}{R_1 A_1}, \frac{R_5 A_5}{R_1 A_1}, \dots, \frac{R_n A_n}{R_1 A_1}.$$

» Tout le problème revient donc à déterminer la résonance des divers harmoniques avec la plus grande précision possible, à mesurer les amplitudes  $A_1, A_3, A_5, \dots, A_n$ , et à déterminer exactement les résistances  $R_1, R_3, R_5, \dots, R_n$ . C'est sur ce dernier point que je voudrais insister un peu, car cette détermination présente certaines difficultés qu'il serait imprudent d'ignorer ou de négliger.

» En effet, une mesure réalisée en courant continu, en court



circuitant la capacité, conduirait souvent à des résultats très inexacts. Il faut tenir compte de ce fait, que les bobines de self-induction peuvent, en courant de fréquence  $n$ , présenter une résistance très différente de celle qu'on obtient en courant continu. On ne doit pas oublier non plus que les condensateurs ne se comportent pas comme des capacités idéales et présentent une certaine dissipation d'énergie, due à l'hystérésis diélectrique ou à toute autre cause, et correspondant à une résistance supplémentaire intercalée dans le circuit <sup>(1)</sup>.

» On sait depuis longtemps qu'un conducteur parcouru par

---

<sup>(1)</sup> A propos des difficultés de la méthode de résonance des causes d'erreurs susceptibles de fausser les mesures, il faut signaler les articles du Dr Gustav Benischke (*Elektrotechnische Zeitschrift*, 26 juillet 1906, et *Elektrotechnik und Maschinenbau*, 18 août 1907).

D'autre part, à la suite de notre Communication, M. Mauduit, professeur à l'Institut Électrotechnique de Nancy, a bien voulu nous adresser une Note très intéressante, que nous sommes heureux de reproduire ici :

« Dès 1901, possesseur d'un oscillographe double Blondel à fer doux, modèle Carpentier, j'ai appliqué la méthode de résonance d'Armagnat à l'étude des alternateurs de l'Institut Électrotechnique de Nancy : un certain nombre de clichés ont été donnés dans les deux éditions de *Électrotechnique appliquée* (dernier Chapitre).

» C'est seulement en comparant les résultats obtenus pour l'harmonique 3 par résonance et par la méthode du triangle ouvert que j'ai reconnu bien vite que les résultats obtenus étaient fortement entachés d'erreur par défaut.

» J'ai observé de même que les harmoniques 17 et 19 de l'alternateur Latour (*fig. 487*, p. 884 de la deuxième édition) étaient visiblement plus grands à simple inspection de la figure, que ne le donnait la méthode de résonance.

» J'ai attribué cela aux pertes de mes condensateurs au mica, et j'ai depuis opéré, comme je l'indique à la page 882 de cette édition, en mettant un ampèremètre thermique dans le circuit et en relevant avec un wattmètre à miroir, très sensible et à faible self-induction de fil fin, la dépense dans le circuit de résonance, pour en déduire la résistance apparente  $R$  du circuit, qui sert de multiplicateur au courant  $I_k$  de l'harmonique pour obtenir la valeur  $R_k I_k$  de la tension de cet harmonique.

» J'ai fait ainsi un certain nombre de décompositions de courbes de tension d'alternateurs pour des constructeurs.

» Je ne suis pas étonné de ce que les bobines de self apportent aussi de grosses erreurs; je ne les ai jamais étudiées et j'ai essayé de tenir compte globalement de tout par la mesure au wattmètre. »

Enfin, M. Blondel vient de publier, dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* (8 juin 1914), un remarquable Mémoire où il précise les conditions les plus favorables pour l'application de la méthode de Pupin. Au cours de cette étude, il rappelle la nécessité de mesurer la résistance apparente du circuit oscillant à la fréquence correspondant à l'harmonique considéré; il signale, en outre, une autre cause d'erreur provenant de ce que l'amortissement de l'oscillographe varie avec la fréquence.

des courants de haute fréquence présente une résistance supérieure à celle qu'on mesure en courant continu, par suite de la localisation des lignes de courant à la surface du conducteur. C'est le phénomène désigné sous le nom d' « effet pelliculaire ». Sur les fils droits, ce phénomène n'est guère perceptible aux fréquences industrielles, ni même aux fréquences téléphoniques à moins qu'il ne s'agisse de conducteurs de très gros diamètre. Mais dans le cas des solénoïdes et surtout des bobines de self-induction à plusieurs couches, le phénomène s'accroît fortement, car l'inégale répartition des lignes de courant s'exagère sous l'influence du champ magnétique. En 1903, Dolezalek <sup>(1)</sup> a attiré l'attention sur cette augmentation de la résistance des bobines en courant alternatif, et ses recherches ont été complétées par les travaux de Wien <sup>(2)</sup>, Sommerfeld <sup>(3)</sup>, Cohen <sup>(4)</sup>, Esau <sup>(5)</sup>, etc.

» Voici, à titre d'exemple, quelques résultats obtenus expérimentalement par ces physiciens. Sur une bobine de 0,03 henry, faite avec du fil de 1,1 mm de diamètre, Dolezalek trouvait que la résistance, qui était de 4,8 ohms, en courant continu, atteignait 5,4 ohms à la fréquence 590; 6,3 ohms à la fréquence 920; 8,5 ohms à la fréquence 1450; 14,1 ohms à la fréquence 2280. Une autre bobine étudiée par Esau était constituée par du fil de section carrée de 2,15 mm d'épaisseur; elle comprenait 70 spires réparties en 10 couches. Le rapport des résistances mesurées en courant continu et en courant alternatif avait les valeurs suivantes :

| Fréquence. | $\frac{R_a}{R_0}$ . |
|------------|---------------------|
| 650        | 1,13                |
| 1190       | 1,45                |
| 2080       | 2,37                |
| 3050       | 3,95                |
| ....       | ....                |
| 5400       | 10,25               |

» On a cherché à établir des formules permettant de déterminer

(1) F. DOLEZALEK, *Annalen der Physik*, t. XIII, 1903, p. 1142.

(2) M. WIEN, *Annalen der Physik*, t. XIV, 1904, p. 1.

(3) A. SOMMERFELD, *Annalen der Physik*, t. XV, 1904, p. 673.

(4) E. COHEN, *Bulletin of the Bureau of Standards*, t. IV, n° 1, p. 160.

(5) A. ESAU, *Annalen der Physik*, t. XXXIV, p. 57, 1910.

ou du moins d'évaluer l'augmentation de résistance d'une bobine en fonction de ses dimensions, du nombre des spires, du diamètre du fil et de la fréquence. Wien a donné l'expression suivante qui serait applicable aux bobines plates :

$$\Delta R = \frac{4\pi^6 m^3 \rho^4}{(r_1 + r_2)\sigma} \left[ 1 + \frac{3r_1^2}{(r_1 + r_2)^2} \right]^2 N^2,$$

$m$  désigne le nombre de spires,  $\rho$  le rayon du fil,  $r_1$  et  $r_2$  les rayons intérieur et extérieur de la bobine,  $N$  la fréquence.

» On voit d'abord que la résistance croît proportionnellement au carré de la fréquence et qu'on peut écrire pour une bobine quelconque

$$R_N = R_0(1 + kN^2).$$

Cette loi est sensiblement vérifiée tant que la fréquence n'atteint pas des valeurs trop élevées.

» La formule de Wien montre en outre que l'effet Dolezalek s'accroît très vite avec des bobines de fil de gros diamètre comprenant un grand nombre de spires. En effet, les termes  $m$  et  $\rho$  entrent au numérateur avec les puissances 3 et 4.

» On peut prévoir immédiatement que les bobines de self-induction, servant d'ordinaire à la détermination des harmoniques par la méthode de résonance, manifesteront à un haut degré cet effet d'augmentation de résistance. Pour que la résonance soit pure, il est nécessaire que la constante de temps du circuit  $\frac{L}{R}$  soit grande. Or cela exige qu'on opère avec des bobines ayant une grande self-induction, une faible résistance et constituées en conséquence par un grand nombre de couches de fil de gros diamètre.

» La maison Carpentier construit des self-inductions variables répondant parfaitement à ce but. Elles sont formées de deux bobines, l'une fixe, l'autre mobile à l'intérieur de la première. Dans le modèle le plus courant, la self-induction de l'ensemble peut varier entre 0,2 et 0,6 henry. La résistance en courant continu s'élève à 8,2 ohms. Le diamètre du fil est de 2 mm environ.

» Nous avons eu l'occasion d'étudier expérimentalement une bobine de ce genre. Je n'insisterai pas sur le dispositif de mesure; il consiste simplement en un pont à téléphone (*fig. 2*). Deux des bras du pont sont constitués par des résistances non

inductives  $R_1$  et  $R_2$ . Il est nécessaire de n'utiliser que des boîtes spécialement construites pour le courant alternatif et où le fil est enroulé sur de minces plaques de mica afin d'éviter la self-induction et la capacité.  $r$  est une résistance réglable montée en série

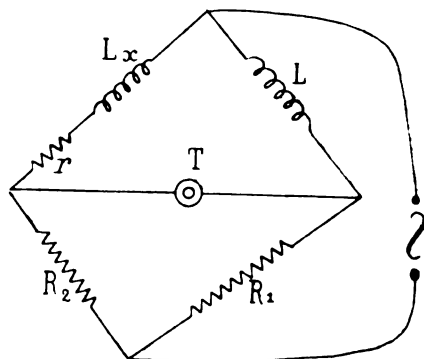


Fig. 2.

avec la self-induction à étudier. Quand l'équilibre est réalisé, on a les deux équations :

$$\frac{L_x}{L} = \frac{R_2}{R_1},$$

$$\frac{r + x}{R_1} = \frac{R_2}{R_1},$$

d'où l'on tire la valeur de  $x$ . La self de comparaison doit être faite en fil assez fin pour que sa résistance  $R_L$  ne subisse pas de variation appréciable avec la fréquence.

» Voici les résultats observés sur la bobine de self-induction variable Carpentier :

| Fréquence. | Résistance.  |                |          |
|------------|--------------|----------------|----------|
|            | Bobine fixe. | Bobine mobile. | Totale.  |
| 0.....     | 4,7 ohms.    | 3,4 ohms       | 8,1 ohms |
| 655.....   | 12,9 —       | 14,1 —         | 27 —     |
| 700.....   | 13,9 —       | 15,6 —         | 29,5 —   |
| 760.....   | 15,9 —       | 17 —           | 32,9 —   |
| 820.....   | 17,5 —       | 19 —           | 36,5 —   |

» Ces résultats peuvent se traduire par les formules suivantes :

$$(R)_{\text{bob. fixe}}^n = 4,7 + 1,9 \cdot 10^{-5} n^2,$$

$$(R)_{\text{bob. mobile}}^n = 3,4 + 2,4 \cdot 10^{-5} n^2,$$

$$(R)_{\text{totale}}^n = 8,1 + 4,3 \cdot 10^{-5} n^2.$$

» Il n'est d'ailleurs pas tout à fait exact d'admettre en général

que la résistance totale est égale à la somme des résistances des deux bobines, car celles-ci, une fois reliées en série, sont susceptibles de réagir l'une sur l'autre, et la résistance de l'ensemble peut dépendre de la position respective des deux bobines. C'est ainsi que des mesures effectuées à la fréquence 800 sur la self-induction variable, dont les enroulements étaient montés en série, ont donné les valeurs suivantes :

| Angles des axes<br>des deux bobines. | Résistance. |
|--------------------------------------|-------------|
| 13°                                  | 34,5 —      |
| 62                                   | 36 —        |
| 112                                  | 35,5 —      |
| 160                                  | 36,5 ohms   |

» Les différences sont d'ailleurs assez faibles et ne paraissent guère dépasser les erreurs d'expérience.

» Les erreurs causées par l'accroissement de résistance des bobines de self-induction sont surtout importantes pour la détermination des harmoniques élevés (à partir de l'harmonique 9 ou 11); au contraire, le terme correspondant aux pertes d'énergie dans le diélectrique des condensateurs peut être grand, même à basse fréquence.

» C'est une propriété bien connue des condensateurs, que, soumis à des tensions alternatives, ils sont le siège de pertes d'énergie tout à fait disproportionnées avec celles que donnerait l'effet Joule calculé d'après la résistance d'isolement en courant continu. Un très grand nombre de recherches ont été poursuivies dans le but de déterminer l'origine de cette dissipation d'énergie, mais on ne paraît pas être arrivé à une conclusion bien nette. Quelle que soit la cause première du phénomène, un condensateur affecté de pertes se comporte comme un condensateur parfait monté en série avec une résistance. C'est ce terme  $r$  qu'il convient d'ajouter à la résistance du circuit oscillant pour appliquer correctement la méthode de résonance.

» Quelle est la grandeur du terme  $r$ ? Dire qu'un condensateur présente une certaine dissipation d'énergie, c'est dire que le courant qui le traverse se trouve déphasé en avant par rapport à la différence de potentiel appliquée d'un angle égal à  $90^{\circ}-\delta$ .

L'angle  $\delta$  qui correspond aux pertes est relié à  $r$  par l'équation

$$\tan \delta = C \omega r,$$

$C$  étant la capacité et  $\omega$  la pulsation.  $\delta$  est nul ou très petit pour les condensateurs à air, pour certains condensateurs à huile et pour les condensateurs au mica. Mais dans la détermination des harmoniques par la méthode de résonance, on a besoin de capacités importantes, capables de résister à des tensions assez élevées et l'on utilise presque toujours des condensateurs au papier paraffiné. Or ceux-ci présentent des pertes relativement considérables, en sorte que l'angle  $\delta$  atteint et souvent même dépasse un demi-degré. L'équation précédente montre que  $r$  est inversement proportionnel à la capacité : on aura donc avantage, toutes choses égales d'ailleurs, à réaliser la résonance avec des capacités importantes. D'autre part,  $r$  décroît aussi en raison inverse de la fréquence, si l'on suppose en première approximation que  $\delta$  reste constant.

» Voici quelques résultats obtenus sur des condensateurs de bonne fabrication industrielle :

| Capacité<br>du condensateur. | Fréquence. | $r$ .    | $\delta$ . |
|------------------------------|------------|----------|------------|
| 0,1 microfarad. ....         | 50 p : s   | 415 ohms | 48 minutes |
|                              | 800 —      | 22 —     | 38 —       |
| 0,2 — .....                  | 50 —       | 195 —    | 42 —       |
|                              | 655 —      | 15 —     | 42 —       |
| 0,5 — .....                  | 50 —       | 46 —     | 25 —       |
|                              | 800 —      | 3,5 —    | 30 —       |

» Pour le premier condensateur, l'angle  $\delta$  diminue un peu avec la fréquence; il augmente au contraire légèrement dans le cas du condensateur de 0,5 microfarad. F.-W. Grover <sup>(1)</sup> a trouvé des irrégularités analogues au cours d'une importante étude qu'il a consacrée récemment aux condensateurs à papier paraffiné.

» L'étude de ces condensateurs a été faite le plus souvent à l'aide d'un pont à courant alternatif (*fig. 3*). Deux des bras sont constitués par des résistances non inductives  $R_1$  et  $R_2$ . Les deux autres bras renferment, l'un le condensateur à étudier  $C_x$ , l'autre un condensateur sans pertes  $C$  (de préférence un condensateur à air) monté en série avec une résistance réglable  $r$ . Les conditions

---

<sup>(1)</sup> *Bull. of the Bureau of Standards*, vol. VII, n° 4, p. 495.

d'équilibre peuvent s'écrire :

$$\frac{C_x}{C} = \frac{R_1}{R_2} \quad \text{et} \quad \frac{x}{r} = \frac{R_2}{R_1},$$

d'où l'on tire  $x$ , la résistance équivalente aux pertes. Il importe de remarquer que la deuxième relation ne peut être satisfaite que

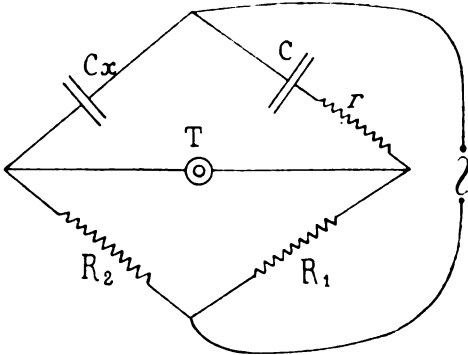


Fig. 3.

pour une fréquence déterminée. Il en résulte que les mesures à basse fréquence peuvent être entachées d'erreur si l'on utilise le téléphone comme appareil de zéro. L'oreille n'étant guère sensible aux vibrations de l'ordre de 50 périodes par seconde, le réglage se fera sur un des harmoniques de la courbe de courant. C'est ainsi qu'au début de nos recherches, ayant utilisé successivement dans une même série d'expériences un téléphone et un galvanomètre vibrant, nous fûmes tout surpris de trouver pour  $r$  des valeurs variant à peu près dans le rapport de 1 à 5. Cela tenait simplement à ce que l'équilibre au téléphone était établi pour l'harmonique 5.

» Signalons également un autre dispositif de pont qui nous a servi aux fréquences 600 et 800. Trois des bras sont constitués par des résistances non inductives. Le quatrième renferme une self-induction variable et une capacité que l'on règle à la résonance. L'équilibre une fois réalisé, on a immédiatement la résistance effective de l'ensemble self-induction et capacité pour la fréquence considérée. Si l'on a étudié au préalable la bobine de self-induction, on peut en déduire la résistance équivalente aux pertes dans le condensateur. Ici encore l'équilibre n'est établi que pour une fréquence déterminée et il peut être commode, afin d'éliminer

les perturbations dues aux divers harmoniques, d'utiliser comme appareil de zéro un monotéléphone de M. Abraham.

» Voici à titre d'exemple les résultats obtenus dans la détermination des harmoniques d'un alternateur à 50 périodes. Nous avons mis en évidence les erreurs que l'on s'exposerait à commettre si l'on se fiait aux mesures de résistances en courant continu.

| Rang<br>de<br>l'harmonique. | Résistance du circuit en résonance.              |                                                                             |
|-----------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|                             | Déduite<br>des mesures<br>en<br>courant continu. | Calculée<br>d'après les mesures effectuées<br>à la<br>fréquence considérée. |
| 1.....                      | 373 ohms                                         | 376 ohms                                                                    |
| 5.....                      | 10 —                                             | 19,5 —                                                                      |
| 7.....                      | 10 —                                             | 25 —                                                                        |
| 11.....                     | 10 —                                             | 38 —                                                                        |
| 13 ( <sup>(1)</sup> ).....  | 10 —                                             | 53 —                                                                        |
| 1 ( <sup>(2)</sup> ).....   | 10 —                                             | 41 —                                                                        |
| 23.....                     | 4 —                                              | 23 —                                                                        |

» Les erreurs peuvent donc dépasser 300 ou 400 pour 100.

» On est conduit à se demander s'il ne serait pas possible de réaliser des conditions expérimentales où ces augmentations de résistances si importantes se trouveraient réduites. En ce qui concerne les capacités, on pourrait sans doute dans certains cas, surtout pour la détermination des harmoniques d'ordre élevé, utiliser des condensateurs à mica. Quant aux bobines de self-induction, il existe un artifice qui permet de diminuer notablement l'effet Dolezalek. Le procédé consiste à constituer les enroulements non par du fil massif, mais par du câble formé de plusieurs brins isolés électriquement. Nous avons eu l'occasion d'expérimenter une bobine de self-induction variable de la maison Carpentier construite d'après ce principe. Elle ne diffère de la bobine étudiée plus haut ni par les dimensions, ni par le nombre des spires, ni par la self-induction; mais le fil, au lieu d'être massif, est formé de sept brins isolés à l'émail et ayant environ 0,65 mm de diamètre. Cette subdivision du fil affaiblit l'effet Dolezalek, mais naturellement ne le supprime pas. La bobine avait en courant continu une résistance de 12 ohms; à 615 périodes par seconde, cette résistance s'élevait

(<sup>1</sup>) Résonance obtenue avec une capacité de 0,1 microfarad.

(<sup>2</sup>) Résonance obtenue avec une capacité de 0,2 microfarad.



à 18,5 ohms et elle atteignait 23 ohms à 800 périodes. La formule donnant l'expression générale de la résistance s'écrirait

$$R_n = 12 + 1,75 n^2.$$

Au Laboratoire central d'Électricité, nous avons construit une bobine de self-induction de dimensions beaucoup plus réduites et capable de varier entre 0,03 et 0,08 henry. Les enroulements sont formés d'un câble à 21 conducteurs torsadés. Chaque conducteur a 0,22 mm de diamètre et est isolé à l'émail. Cette bobine ne présente qu'à un degré très faible l'effet Dolezalek. La résistance en courant continu est de 13,4 ohms; à 800 périodes, elle s'élève à 15 ohms.

» Afin d'éviter les corrections énormes que nous venons d'indiquer, il serait avantageux de réaliser la résonance avec des self-inductions faibles et de grandes capacités. Malheureusement, pour étouffer les autres harmoniques et obtenir une courbe pure, il est important d'avoir une constante de temps élevée; et cette deuxième condition contredit la première. En pratique, c'est l'harmonique fondamental qui apporte la plus grande gêne dans les mesures. Pour l'éliminer il existe certains procédés, et M. Carbenay <sup>(1)</sup>, dans une récente étude, a indiqué plusieurs dispositifs très ingénieux. Le plus simple consiste à introduire dans le circuit oscillant un système formé d'une self-induction et d'une capacité montées en parallèle. On sait qu'un tel système, étant accordé pour résonner avec un courant de fréquence  $n$ , se comporte vis-à-vis de ce courant comme une résistance apparente très élevée. Si le réglage est réalisé pour l'harmonique fondamental, il ne subsiste dans le circuit que les harmoniques d'ordre supérieur, et les résonances successives pourront être obtenues aisément sans qu'il soit nécessaire de recourir à des self-inductions énormes qui sont toujours fortement affectées par l'effet Dolezalek.

» En tout état de cause, il n'est pas possible d'appliquer correctement la méthode de résonance sans tenir compte des propriétés des self-inductions et des condensateurs auxquelles nous venons de faire allusion. Il s'agit du reste de phénomènes connus et qui ont

---

<sup>(1)</sup> F. CARBENAY, *Bulletin de la Société des Ingénieurs de l'École supérieure d'Électricité*, mars 1914.

provoqué déjà de nombreuses études. Mais on considère souvent, à tort, qu'ils relèvent du domaine de la Physique pure et qu'ils n'offrent qu'un intérêt médiocre pour l'électricien. C'est pourquoi nous nous sommes permis ce soir de souligner leur importance dans certaines mesures industrielles relatives aux courants alternatifs. »

M. le Président remercie M. de la Gorce et donne, au sujet de sa Communication, lecture de la lettre reproduite ci-après :

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Permettez-moi de signaler, à propos de la Communication de M. de la Gorce du mercredi 3 juin, que, dans une étude inédite sur les harmoniques 3, faite à l'Institut électrotechnique de Lille, M. Stokvis a montré que, dans l'application de la méthode des résonances de Pupin et d'Armagnat, il était de toute nécessité de tenir compte de la dissipation de l'énergie dans le condensateur.

Pour l'harmonique 3 d'un courant de fréquence 50, la résistance équivalente introduite par l'hystérésis du condensateur était de 9,5 ohms, quand la résistance du circuit inductif en résonance avec le condensateur était de 9,9 ohms.

Veillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de mes sentiments distingués.

SWYNGEDAuw.

La séance est levée à 23 h 10 m.

#### CONGRÈS DE LYON.

Nos collègues ont été tenus au courant de l'organisation de ce Congrès, tenu à Lyon du 19 au 23 juin.

Du programme extrêmement intéressant arrêté par nos collègues de Lyon, nous ne rappellerons que pour mémoire le côté attrayant, [visite de l'Exposition précédée d'une Conférence de M. le sénateur Herriot, maire de Lyon visite du musée des Tissus, banquet en commun avec nos collègues de la *Société des Ingénieurs civils* et de la *Société technique de l'Industrie du Gaz*, excursion à Yseron, excursion dans le massif de la Chartreuse, dont tous les participants conserveront le souvenir le plus agréable. Une mention spéciale doit être faite des visites aux trois principales usines électriques qui alimentent la ville de Lyon, toutes installations de premier ordre, munies du matériel le plus perfectionné.

Une Conférence technique faite par notre collègue M. Béthenod, sur les machines électriques à haute fréquence, leur théorie et leurs applications, inaugurerait ce programme et nous en donnons ci-après le texte pour ceux de nos collègues qui n'ont pu prendre part au Congrès

Cette Conférence est complétée par quelques Notes annexes de l'auteur et par une courte Communication sur les transformateurs statiques de fréquence présentée au Congrès par M. L. Joly.

**SUR LES MACHINES ÉLECTRIQUES A HAUTE FRÉQUENCE.  
LEUR THÉORIE ET LEURS APPLICATIONS <sup>(1)</sup>.**

M. J. BETHENOD. — « Messieurs, dans les installations électriques modernes utilisant des courants alternatifs, la fréquence est tout au plus de l'ordre de 50 périodes à la seconde; d'autre part, les fréquences que l'on rencontre dans certaines applications des ondes électromagnétiques atteignent et même dépassent couramment 100 000 périodes. Ce simple rapprochement laisse prévoir la rencontre de sérieuses difficultés dans la génération directe de courants de haute fréquence au moyen de machines analogues aux alternateurs usuels. On peut du reste préciser ces difficultés par le petit calcul suivant :

» Pour une machine ordinaire à  $2p$  pôles tournant à  $n$  tours par seconde, la fréquence produite est égale à

$$(1) \quad f = pn.$$

» D'autre part, la vitesse tangentielle pour un diamètre  $D$  du rotor est donnée par

$$(2) \quad u = \pi Dn.$$

» Enfin, le pas polaire simple est par définition

$$(3) \quad \tau = \frac{\pi D}{2p}.$$

» Ces trois égalités bien connues conduisent à la relation

$$(4) \quad \tau = \frac{u}{2f}$$

qui permet de calculer  $\tau$ .

» Prenons par exemple  $f = 50\,000$  et adoptons pour  $u$  la valeur

---

(<sup>1</sup>) Dans le présent texte, les renvois indiqués par des lettres se rapportent à des notes annexes qui se trouvent reportées à la fin du Mémoire, et qui n'ont été que mentionnées en séance.

de 150 m par seconde, qui paraît constituer une extrême limite pour un rotor bobiné; on obtient pour  $\tau$  la valeur excessivement faible de 1,5 mm ! Or, non seulement un si faible pas polaire serait difficilement réalisable mécaniquement si l'on envisage le poinçonnage des tôles, mais il conduirait à deux autres difficultés d'ordre plutôt électrique, quasi insurmontables :

» 1<sup>o</sup> L'isolation des conducteurs dans les encoches devrait être assurée par une épaisseur infiniment mince d'isolant, sans quoi l'utilisation des encoches deviendrait tout à fait précaire;

» 2<sup>o</sup> Le rapport  $\frac{\delta}{\tau}$  de l'entrefer simple  $\delta$  au pas polaire  $\tau$  serait beaucoup plus élevé que dans les alternateurs normaux.

» L'entrefer  $\delta$  ne peut en effet descendre pratiquement, pour des raisons d'ordre mécanique évidentes, au-dessous d'une certaine valeur, indépendante du nombre de pôles de la machine; il en résulterait, dans le cas qui nous occupe, un rapport  $\frac{\delta}{\tau}$  si élevé que les fuites magnétiques, même à vide, seraient considérables et que la puissance de la machine serait très réduite (A).

» Par exemple, en adoptant un entrefer déjà très faible de 0,3 mm, le rapport  $\frac{\delta}{\tau}$  serait égal à  $\frac{1}{5}$  pour la machine ayant un pas polaire de 1,5 mm; cette machine aurait en somme un fonctionnement comparable à celui d'un alternateur de fréquence normale, avec pas polaire de 400 mm, muni de l'entrefer excessif de 80 mm ! c'est dire que ce serait une bien mauvaise machine (1).

» En résumé, des considérations simples qui précèdent, il résulte déjà que la construction d'alternateurs à haute fréquence ne semble guère possible qu'à l'aide d'artifices spéciaux destinés à permettre l'emploi de pas polaires suffisamment grands. Mais même la possession de semblables artifices ne saurait suffire à assurer une marche convenable; il est difficile en effet de réaliser des machines

---

(1) L'emploi de machines du type ancien dit « à fer tournant » permet pourtant d'augmenter la vitesse tangentielle  $u$  par suite de l'absence de tout bobinage sur le rotor; nous verrons dans la suite que cette propriété a été mise à profit, à diverses reprises, pour établir une machine à haute fréquence.

de puissance suffisante pour un emploi industriel sans mettre à profit les propriétés magnétiques du fer. Or, pendant de longues années, il était à peu près admis universellement en principe qu'un tel usage du fer conduirait à des pertes inadmissibles; les pertes dans les tôles croissent, comme on le sait, très rapidement avec la fréquence, et pour combattre cet accroissement sans abaisser par trop l'induction, le seul moyen était d'employer des tôles d'épaisseur extrêmement réduite, possédant en outre un très faible coefficient d'hystérésis et une résistivité aussi élevée que possible (ceci pour limiter les pertes par courants de Foucault). Ce n'est que tout récemment que de semblables tôles ont été obtenues et même, à l'heure actuelle, leur fabrication n'est entreprise que par un très petit nombre de métallurgistes. Nous n'insisterons pas sur les propriétés magnétiques du fer aux hautes fréquences, renvoyant pour une étude approfondie au Mémoire remarquable de notre collègue M. Jouaust <sup>(1)</sup>, lequel du reste sera complété bientôt par une nouvelle publication du même auteur sur des essais effectués avec des tôles d'épaisseur réduite à moins de  $\frac{5}{100}$  de millimètres. Il nous suffira de mentionner ici que de telles tôles possèdent une perméabilité apparente de l'ordre de 1700 environ à la fréquence de 40 000. Si l'on compare cette perméabilité à celles obtenues par le même auteur avec des tôles de 0,5 mm et 0,22 mm, on voit que le gain réalisé par les tôles extra-minces est considérable.

» Le prix de ces tôles atteint d'un autre côté une centaine de francs au kilogramme, mais il ne faut pas oublier que les machines à haute fréquence doivent remplacer généralement tout un matériel compliqué et coûteux, et qu'ainsi, surtout dans de certaines applications telles que la télégraphie et la téléphonie sans fil, ce prix très élevé ne constitue pas un obstacle insurmontable. Du reste, les rapides progrès effectués par la métallurgie des tôles pour machines électriques, pendant ces dernières années, font espérer que les prix s'abaisseront notablement, surtout lorsque les com-

---

<sup>(1)</sup> R. JOUAUST, *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 3<sup>e</sup> série, t. I, 1911, p. 49. Voir aussi une intéressante étude de E.-F.-W. ALEXANDERSON, *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1911, p. 1078.

mandes se multiplieront; dans cette voie, il est à présumer que l'emploi du fer électrolytique <sup>(1)</sup> donnera lieu à d'heureux résultats.

» Si nous nous proposons maintenant de passer en revue les divers artifices qui ont été préconisés, depuis 25 ans environ, pour la production directe de courants à haute fréquence, la méthode la plus pratique paraît être d'établir la classification suivante qui offre tout au moins le mérite de simplifier l'exposition :

» I. Alternateurs de type connu avec artifices de construction permettant d'augmenter la vitesse tangentielle;

» II. Machines à collecteur;

» III. Machines à impédance périodiquement variable;

» IV. Machines utilisant les harmoniques de distribution du champ magnétique;

» V. Machines en cascade.

» Bien entendu, une telle classification ne peut être absolue et certaines machines mettent en œuvre simultanément les principes caractérisant deux classes distinctes, ou même peuvent être rangées à volonté dans une classe ou dans l'autre.

» I. *Alternateurs de type connu avec artifices de construction permettant d'augmenter la vitesse tangentielle.* — Ce fut sans doute Nikola Tesla le premier électricien qui comprit l'intérêt pratique des courants à haute fréquence, et ce génial inventeur se rendit également compte, dès l'origine de ses essais, des avantages obtenus par l'emploi d'une machine à haute fréquence fournissant directement le courant aux appareils d'utilisation. La première machine de Tesla, décrite en 1889, donnait une fréquence de 5000 à la vitesse de 1600 tours par minute environ; c'était une simple machine à pôles alternés (*fig. 1 et 2*) avec enroulements induits et inducteurs en zigzag, dont le rotor, formant induit, était constitué magnétiquement par un anneau lisse en fil de fer. Bien que cette machine, d'une puissance de 1 kVA environ, fût susceptible d'être poussée à 3000 tours, l'inventeur préconisait pour les fré-

---

<sup>(1)</sup> MAX BRESLAUER, *Elektrotechnische Zeitschrift*, 12 et 19 juin 1913. Article analysé dans la *Lumière électrique* du 9 août 1913, p. 176.

quences plus élevées une machine du type classique de Ferranti (fig. 3 et 4), avec induit à disque D, sans fer, tournant à 2500 tours

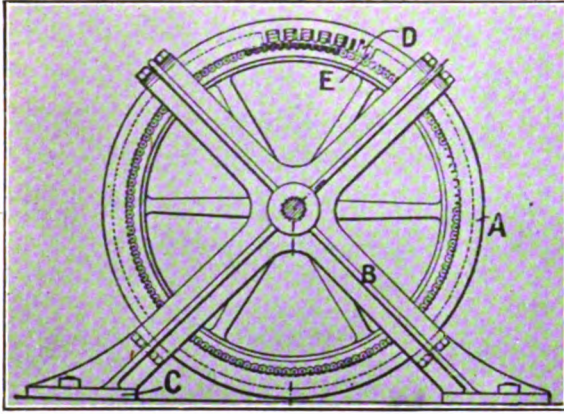


Fig. 1. — Alternateur Tesla à haute fréquence (1<sup>er</sup> type).

pour une fréquence de 15 000 périodes (voir *The Electrical Engineers*, New-York, 18 mars 1891).

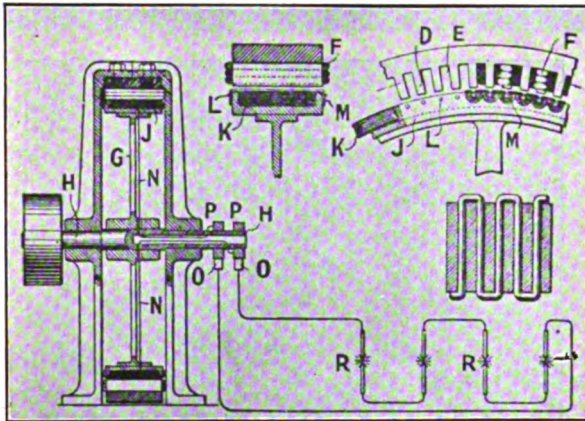


Fig. 2. — Alternateur Tesla à haute fréquence (1<sup>er</sup> type).

» Pendant la quinzaine d'années qui suivit, d'autres savants ou ingénieurs cherchèrent également à établir une machine de type connu à fréquence aussi élevée que possible, mais les puissances et les fréquences réalisées demeurèrent tout au plus égales à celles obtenues par Tesla, ce qui nous dispensera d'insister sur ces machines. La plus remarquable fut celle construite en 1892



pour Ewing par Parsons (*fig. 5*); cette machine, entraînée à la vitesse de 12 000 tours par une petite turbine à vapeur, donnait

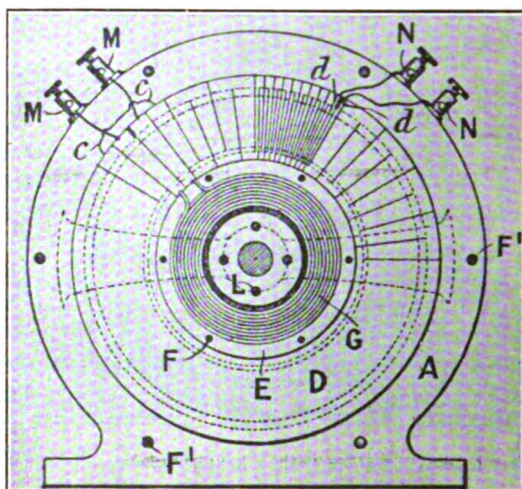


Fig. 3. — Alternateur Tesla à haute fréquence (2° type).

une puissance de 500 voltampères à 14 000 périodes. Elle appartenait au type le plus normal avec inducteur tournant et pôles

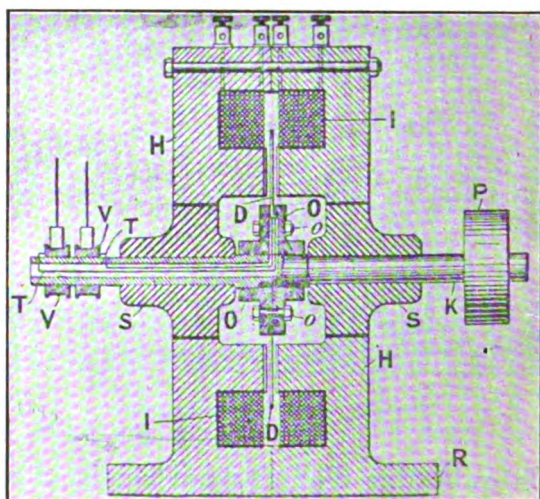


Fig. 4. — Alternateur Tesla à haute fréquence (2° type).

alternés; le stator denté, en tôle (très fine pour l'époque) de 0,254 mm environ, était muni, ainsi que le rotor, d'un enroulement en zigzag. Enfin, la particularité la plus curieuse de cette machine



était que l'inducteur avait été constitué par deux disques d'acier doux accolés l'un à l'autre, mais isolés de façon à servir eux-mêmes de bagues pour le courant inducteur.

» Il nous faut arriver en 1904 pour trouver la première machine moderne capable de fournir une fréquence de 10 000 périodes.

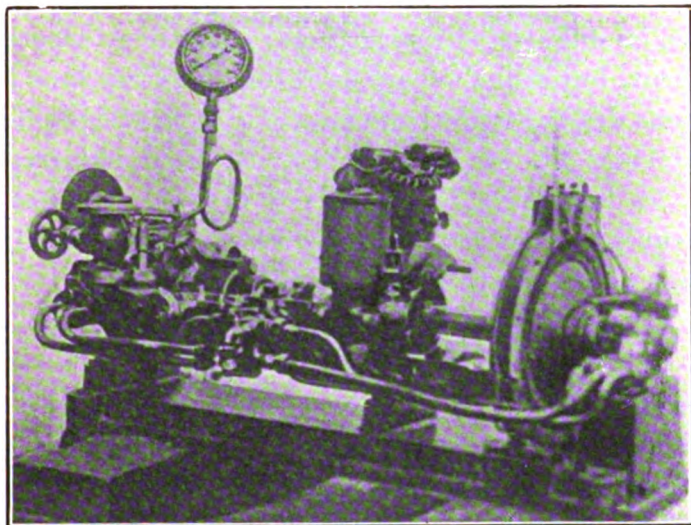


Fig. 5. — Groupe Parsons-Ewing.

Cette machine, construite par B.-G. Lamme, de la Westinghouse Company, pour des essais de téléphonie multiple que devait entreprendre notre ancien président M. Maurice Leblanc, donnait 2 kilovoltampères environ à la fréquence 10 000, pour une vitesse de 3000 tours. Cet alternateur était du type dit à « fer tournant », avec deux noyaux induits séparés par une bobine inductrice également fixe, concentrique à l'axe de rotation <sup>(1)</sup>; il se trouve décrit de façon très complète dans une Communication de M. Lamme faite en 1904 (*Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, t. XXIII, p. 417).

» Dans cette étude, l'auteur donne également des résultats d'essais, desquels il ressort notamment que les pertes par ventilation dépassaient 3000 watts. Il est intéressant de noter que la tôle

---

(<sup>1</sup>) Ce type de machine, appelé également, de façon plus spéciale, « à flux ondulé », a été jadis assez en faveur, et notamment la Société Oerlikon exposa en 1900 une belle machine de ce genre, d'une puissance de 350 kilovoltampères.

utilisée pour cette machine avait une épaisseur déjà inférieure à 0,1 mm, ce qui constituait évidemment un tour de force à l'époque.

» Les diverses machines qui viennent d'être brièvement décrites donnaient une fréquence de l'ordre de 10 000 à 15 000, c'est-à-dire tout juste à la limite des sons perceptibles; bien qu'elles puissent cependant être considérées comme fournissant déjà de la haute fréquence, les difficultés constructives se sont donc encore accrues notablement, lorsqu'il s'est agi de réaliser une machine apte aux applications des ondes électromagnétiques à la télégraphie et à la téléphonie sans fil. Jusqu'à ces deux ou trois dernières années, en effet, les longueurs d'onde usitées dans ces applications ne dépassaient pas 6000 m, ce qui correspondait à une fréquence d'au moins 50 000, d'après la relation fondamentale

$$\lambda = \frac{V}{f} \quad (V \text{ étant la vitesse de la lumière}).$$

» Le premier inventeur qui envisagea de façon précise une telle application fut le professeur américain Fessenden qui s'adressa dès 1900 à la General Electric Company pour la construction d'une machine. Après de nombreux tâtonnements auxquels prit part l'ingénieur bien connu C.-P. Steinmetz, on construisit plusieurs machines du très ancien type de Mordey avec induit fixe sans fer, modifié de façon à rendre également la bobine inductrice fixe. On ne possède sur la puissance et la fréquence de ces machines que des renseignements assez contradictoires; il semble toutefois certain qu'une machine de 300 voltampères à 50 000 périodes ait donné lieu à des résultats satisfaisants. D'autres machines de 1 kilovoltampère à 81 700 périodes et de 2,5 kilovoltampères à 75 000 périodes furent construites dans la suite, et même un alternateur de 50 kilovoltampères à 50 000 périodes fut mis à l'étude vers 1907-1908.

» Il faut croire que l'absence de fer dans l'induit ne conduisit pas en fin de compte à des résultats suffisants lorsqu'on voulut augmenter la puissance, car ce n'est qu'en 1910 que le professeur Fessenden reprit ses essais avec une machine de type tout différent, à noyau induit en fer, étudiée par M. E.-F.-W. Alexanderson <sup>(1)</sup>.

---

(1) *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, t. XXVIII, p. 399.

» La coupe de la figure 6 permet de comprendre aisément le fonctionnement de cette dernière machine, dont le rotor est un

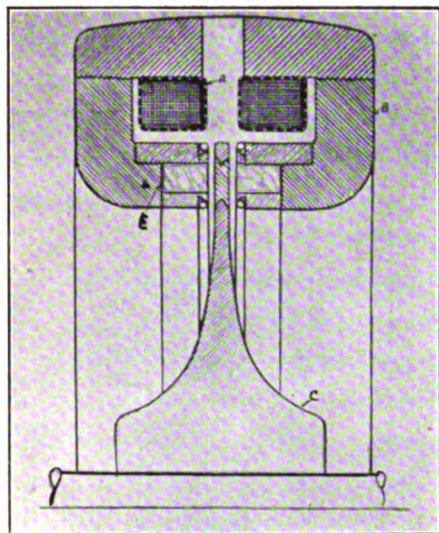


Fig. 6. — Coupe schématique de l'alternateur Alexanderson.

disque d'acier au chrome-nickel en forme de solide d'égale résistance. A 20 000 tours par minute, le diamètre étant de 31 cm environ,

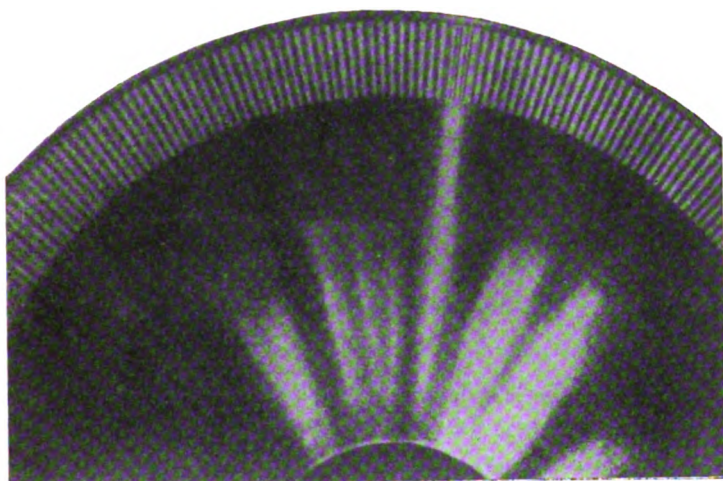


Fig. 7. — Vue de la périphérie du rotor.

la vitesse périphérique dépasse 300 m à la seconde (plus de 1200 km à l'heure). Ainsi qu'il est visible sur la figure 7, le rotor est muni,

au voisinage de la périphérie, de 300 fenêtres régulièrement espacées dont le passage entre les deux noyaux induits, formés de rubans de tôles très fines, enroulées à plat, provoque des variations locales du flux créé dans lesdits noyaux par les deux bobines inductrices A, maintenues (*fig. 6*) concentriquement à l'axe, à l'intérieur d'une culasse B destinée à assurer la fermeture du flux inducteur.

» Ces variations de flux engendrent des forces électromotrices dans des conducteurs logés dans 600 trous pratiqués radialement, aussi près que possible de l'entrefer, dans chacun des noyaux induits en tôle, l'enroulement de chaque induit étant encore exécuté en zigzag, d'un trou à l'autre.

» Il est facile de se rendre compte que les variations de flux sus-indiquées sont localisées dans les noyaux de tôles E (*fig. 6*) (dont les couches sont naturellement isolées avec soin les unes des autres) et n'intéressent pas les portions massives du circuit magnétique suivi par le flux inducteur.

» Les fenêtres du rotor sont remplies de fils de laiton enrobés de soudure de façon à diminuer, autant que possible, les pertes par ventilation, toujours très importantes dans de telles machines; d'après Alexanderson, en effet, pour un disque de 305 mm de diamètre, les pertes par ventilation sont données par la formule

$$P_{\text{vent}} = 0,76 \left( \frac{6n}{1000} \right)^{2,7} \text{ kilowatts,}$$

en désignant toujours par  $n$  la vitesse angulaire en tours par seconde.

» On a adopté un arbre flexible (*fig. 8*) analogue à celui des turbines de Laval; son diamètre se trouve réduit à 16 mm environ aux extrémités, la distance entre les centres étant à peu près de 706 mm. Un semblable rotor passe par deux vitesses critiques, à 1700 et à 9000 tours. A la première vitesse critique, l'arbre se met à fouetter entre les deux paliers; à la seconde, le rotor se met à osciller pendulairement de part et d'autre de son plan de symétrie, tandis que l'arbre élastique s'infléchit en forme de S <sup>(1)</sup>. Deux paliers supplémentaires ajustés avec un certain jeu ont été dis-

---

(1) Cf. par exemple : A. BARBEZAT, *Les vitesses critiques des arbres animés de grandes vitesses angulaires* (*L'Éclairage électrique*, t. XLVII, n° 15, 14 avril 1906, p. 46).



posés immédiatement de part et d'autre du rotor, de façon à combattre les vibrations aux vitesses critiques, tandis qu'à la vitesse normale de 20 000 tours ces paliers ne supportent plus le rotor et servent simplement de butées pour éviter le jeu latéral. Suivant M. Alexanderson, ces paliers supplémentaires produisent même en quelque sorte une régulation automatique de la position du rotor : en effet, toute dissymétrie d'attraction magnétique pouvant entraîner un déplacement latéral dangereux provoque un échauffe-

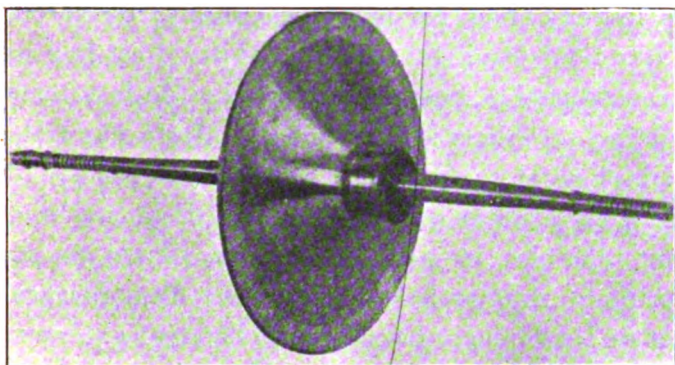


Fig. 8. — Vue du rotor complet.

ment du palier intéressé et par suite une dilatation locale de l'arbre, laquelle tend à ramener le rotor dans sa position correcte.

» Il est intéressant de remarquer que l'alternateur qui vient d'être décrit est, au double point de vue magnétique et électrique, tout à fait analogue à l'alternateur à flux ondulé bien connu, rappelé ci-dessus à propos de la machine de M. Lamme. On y trouve également deux noyaux induits distincts, tandis que le flux inducteur est créé de même par des bobines inductrices concentriques à l'axe de rotation ; la seule différence, mécanique en quelque sorte, est que l'entrefer de la machine Alexanderson est *radial*, tandis que, dans la machine Lamme, il est *cylindrique* comme dans une machine normale. L'adoption d'un arbre flexible passant par plusieurs vitesses critiques à la mise en route est évidemment l'une des raisons qui ont guidé M. Alexanderson dans le choix d'un entrefer radial, qui diminue les chances de frottement intempestif du rotor contre les stators, surtout au passage à la première vitesse

critique, généralement la plus dangereuse; mais, avec des machines à aussi grande vitesse tangentielle, il peut en outre arriver, eu égard à l'extrême réduction de l'entrefer, que celui-ci diminue notablement en vitesse s'il est cylindrique, par suite de la dilatation du rotor sous l'action de la force centrifuge, et que, dans un tel cas, il y a lieu de distinguer l'entrefer *statique*, ou au repos, de l'entrefer *dynamique* existant en vitesse. Surtout avec une vitesse périphérique de 300 m par seconde, l'entrefer radial, sensiblement indépendant de la vitesse, peut présenter des avantages de ce chef; dans tous les cas, avec les machines munies de rotors en tôle feuilletée que nous étudierons dans la suite, il est bon de faire la distinction en question, malgré la réduction de la vitesse tangentielle, et de ne pas juger de la sécurité offerte par telle ou telle machine simplement en mesurant l'entrefer au repos.

» Enfin, il est à noter que les entrefers de la machine Alexanderson sont réglables, les portions B de la culasse qui supportent les induits étant munies à leur périphérie d'un filetage très fin qui permet de les déplacer par rapport à l'anneau extérieur formant le bâti proprement dit. La valeur normale de l'entrefer était voisine de 0,4 mm, mais a été réduite très notablement (à près de 0,1 mm) dans certains essais; le filetage en question permettait du reste d'augmenter à volonté les entrefers pendant la mise en route, et de diminuer ainsi considérablement toute chance d'avarie.

» Si l'on examine maintenant les résultats obtenus, on constate que, donnant une tension à vide de 110 volts environ, l'alternateur Alexanderson peut fournir un courant de 15 ampères avec un échauffement par effet Joule de 25°, bien que le diamètre du fil induit ne dépasse pas 0,4 mm; pour un débit de 30 ampères l'échauffement monte à 45°. La densité de courant surpasse ainsi respectivement les valeurs formidables de 100 et 200 ampères par millimètre carré, et ceci prouve une fois de plus combien la notion de densité de courant peut conduire à des résultats erronés au point de vue de l'évaluation du courant admissible dans un fil de section donnée; nous avons du reste pu faire nous-même une semblable constatation lors d'essais effectués sur une machine dont il sera plus loin question, et ces résultats ne font que confirmer ceux qui sont bien connus des électriciens spécialisés dans l'étude de ma-

chines de très faible puissance (quelques dizaines de watts) à tension relativement élevée (110 ou 220 volts, par exemple).

» Les densités de courant que l'on peut, en effet, adopter sans inconvénient avec de telles machines sont beaucoup plus élevées que celles qui sont admises dans les machines de puissance de l'ordre du kilowatt; ceci peut être attribué au meilleur refroidissement dû à un contact plus immédiat des conducteurs avec le noyau en tôle, grâce à la triple réduction du diamètre des conducteurs, des dimensions des entailles et de l'épaisseur de l'isolation (celle-ci étant naturellement assurée avec des matériaux de tout premier choix).

» Malgré l'emploi de tôles d'une épaisseur inférieure à 0,1 mm, les pertes dans le fer paraissent atteindre plus d'un demi-kilowatt. Comme d'autre part les pertes par ventilation s'élèvent à 5 kilowatts, le rendement global demeure donc très bas, même en admettant un rendement électrique excellent.

» Plus récemment <sup>(1)</sup>, M. Alexanderson a réalisé une machine capable de fournir une fréquence de 200 000, grâce à un mode

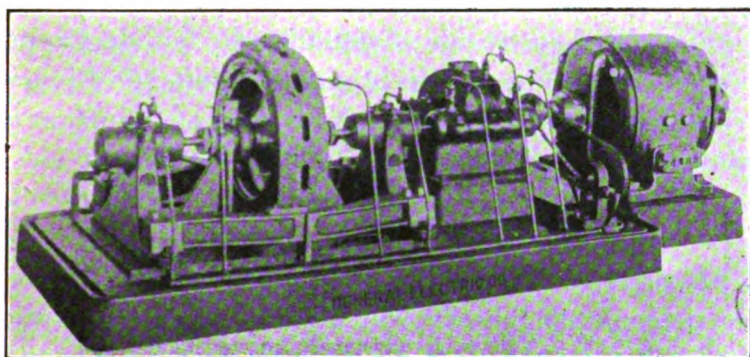


Fig. 9. — Vue de l'alternateur Alexanderson couplé par engrenage de Laval (inversé) avec un moteur à courant continu.

d'enroulement spécial des noyaux induits, mais encore avec une puissance très réduite. A notre avis, sauf peut-être pour des applications très particulières : expériences physiologiques, recherches scientifiques sur les propriétés de la matière soumise à des champs

---

(<sup>1</sup>) *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, t. XXX, p. 2433; *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1912, p. 657.

de haute fréquence, etc., il est inutile d'essayer de dépasser la fréquence 50 000, et il est bien plus intéressant de chercher plutôt à augmenter la puissance mise en jeu. Des longueurs d'onde de 6000 m et plus sont actuellement très courantes dans les postes radiotélégraphiques à grande portée, et, pour l'instant, ce n'est guère que dans de telles stations que l'on peut envisager l'emploi industriel des machines à haute fréquence, eu égard à leur prix élevé <sup>(1)</sup>.

» Quoi qu'il en soit, la machine de M. Alexanderson paraît constituer l'extrême limite dans la classe de machines qui nous occupe actuellement; il nous semble en effet difficile de faire mieux dans cette voie sans mettre à profit des artifices très spéciaux, tels que ceux décrits dans la suite. Le seul perfectionnement qu'il serait peut-être possible d'envisager, consisterait à faire tourner les deux organes, induit et inducteur, en sens inverse l'un de l'autre, de façon à diminuer les vitesses absolues sans toucher à leur vitesse relative, seule à considérer au point de vue de la fréquence; cette solution, adoptée dès 1892 par Pyke et Harris pour une petite machine à 8700 périodes (voir *The Electrician*, t. XXX, 1892, p. 65), trouve aujourd'hui un regain d'actualité du fait de l'apparition commerciale des turbines, dites à *vitesse réduite*, de Ljungström, basées sur une conception analogue. Nous estimons pourtant qu'une telle solution serait d'une réalisation mécanique tout au moins délicate.

» II. *Machines à collecteur*. — Si l'on considère (*fig. 10*) une machine monophasée à collecteur pourvue d'une excitation en série B et si le circuit magnétique de cette machine est loin de la saturation, la force électromotrice engendrée pour un courant  $i$  et une vitesse angulaire  $\omega$  est de la forme

$$e = M\omega i,$$

$M$  étant un coefficient tel qu'en le multipliant par la vitesse angu-

---

(1) Ce prix s'abaisse relativement lorsque la puissance augmente (il ne peut être question, du reste, ici de fabrication en série) et, d'autre part, avec des stations puissantes, le prix d'établissement de l'antenne devient fortement prépondérant.



laire  $\omega$ , on obtienne la force électromotrice produite par le courant inducteur unité.

» En intercalant donc cette machine dans un circuit oscillant

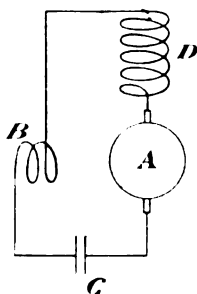


Fig. 10. — Emploi d'une machine-série monophasée.

comportant un condensateur C, on peut écrire, d'après la loi d'Ohm (si la machine est connectée de manière à fonctionner comme génératrice),

$$(5) \quad M\omega i = Ri + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt,$$

en désignant par  $R$  et  $L$  la résistance ohmique totale (y compris celle de l'appareil d'utilisation) et la self-inductance totale du circuit ACBD. Il suffira ainsi de réaliser la condition

$$(6) \quad M\omega = R$$

pour que l'équation (5) se réduise à

$$(7) \quad 0 = L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt.$$

» Dans ces conditions, tout se passe comme si l'on avait affaire à un circuit oscillant sans amortissement, c'est-à-dire susceptible d'être le siège d'oscillations non amorties, pour peu qu'on amorce le phénomène par un procédé quelconque (en reliant pendant un instant le condensateur C à une pile par exemple) <sup>(1)</sup>.

---

<sup>(1)</sup> L'égalité (6), mise sous la forme  $M\omega i^2 = Ri^2$ , prouve bien du reste qu'en réalité l'énergie est fournie par la machine; dans le cas où  $M\omega > R$ , une analyse simple montre aisément que les amplitudes du courant  $i$  iraient en croissant indéfiniment avec le temps  $t$ , mais en réalité la saturation viendrait vite limiter cette augmentation et il s'établirait encore un régime stationnaire stable.

» La fréquence  $f$  des oscillations sera donnée, d'après (7), par la formule de Thomson

$$(8) \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

» De ce qui précède on conclut donc que le dispositif simple de la figure 10 est susceptible de produire des courants dont la fréquence, non seulement peut atteindre une valeur aussi élevée que l'on voudra (par un choix convenable de  $L$  et de  $C$ ), mais se trouve entièrement indépendante des variations de la vitesse  $\omega$  de la machine; on conçoit l'avantage important de cette dernière propriété dans le cas (le plus général du reste) où il est nécessaire que cette fréquence soit aussi constante que possible (1).

» Malheureusement, la réalisation pratique de ce dispositif se heurte à de sérieuses difficultés, dont la dernière paraît même quasi insurmontable :

» 1<sup>o</sup> Dès qu'il s'agit de fréquences tant soit peu élevées, il est à peu près impossible d'adopter pour le stator et surtout pour le rotor les formes d'exécution bien connues, utilisées pour les machines monophasées à collecteur de fréquence normale; notamment, de même que pour tout circuit oscillant, on ne peut pas, pour un produit  $LC$  donné, diminuer indéfiniment  $C$  au profit de  $L$  (2), et ceci conduira fatalement à des fréquences de valeur assez limitée:

» 2<sup>o</sup> Enfin, et surtout, les tensions élevées qui seraient induites aux hautes fréquences dans les spires en court circuit sous les balais paraissent devoir rendre inextricable le problème de la commutation (3). D'ailleurs l'emploi de machines unipolaires (ou

---

(1) Les machines à haute fréquence sont en effet destinées le plus souvent à agir sur des circuits comportant des inductances et des capacités, dans lesquels l'effet produit diminue dans des proportions considérables dès qu'on s'écarte de la résonance. Pour cette raison, les machines des autres classes, à fréquence proportionnelle à la vitesse angulaire, doivent être pourvues de régulateurs de vitesse extrêmement sensibles.

(2) La machine de la figure 10 est représentée munie d'un enroulement-série compensateur  $D$  pour annuler autant que possible le flux propre du rotor; théoriquement, du moins, on pourrait également se servir d'un moteur à répulsion, dont l'enroulement statorique serait intercalé dans un circuit oscillant.

(3) Il va de soi qu'il ne peut s'agir ici d'utiliser des pôles auxiliaires à excitation déphasée, en raison de l'énorme hyposynchronisme.

mieux acycliques), proposé aussi indûment pour la traction monophasée, ne saurait éviter cette dernière difficulté, car les bagues qui servent à recueillir le courant devraient être sectionnées pour éviter un amortissement extrêmement énergique du flux inducteur et un échauffement inadmissible de ces bagues <sup>(1)</sup>.

» Pour éviter les courts circuits francs sous les balais, M. Leblanc nous a bien suggéré jadis l'idée de supprimer tout contact de frottement entre les balais et le collecteur, le passage du courant principal s'effectuant par effet de capacité; mais il semble qu'en dépit de la fréquence très élevée, une telle solution conduirait à des surfaces de balais inadmissibles <sup>(2)</sup>. Aussi, ne faut-il pas s'étonner qu'il n'existe encore aucune réalisation, même à puissance réduite, du présent type de machine à haute fréquence, bien qu'il ait été signalé dès 1892 par le professeur Fitzgerald et reproposé depuis par MM. Corbino (voir, par exemple, *l'Éclairage électrique*, t. XXXIX, 1904, p. 425) et Rüdenberg (voir, par exemple, *l'Éclairage électrique*, t. LIII, 1907, p. 171) <sup>(3)</sup>. Il serait pourtant à souhaiter qu'on parvienne à mettre à profit l'intéressante propriété signalée plus haut à propos de la constance de la fréquence

» III. *Machines à impédance périodiquement variable.* — Vous connaissez certainement la machine de Dolezalek <sup>(4)</sup> construite par Siemens et Halske pour des mesures. Elle se compose en principe d'un électro-aimant fixe, en tôle feuilletée, disposé en forme de fer à cheval, et excité par une source à courant continu; devant les pôles de cet électro-aimant tourne à grande vitesse une roue dentée, également en tôle feuilletée, qui provoque ainsi

---

<sup>(1)</sup> En effet, dans toute machine acyclique, il existe toujours au moins une bague collectrice à travers laquelle passe la totalité du flux inducteur; cette bague joue donc, avec des flux alternatifs, le rôle d'une spire en court circuit. (Extrait de nos observations au Congrès de Marseille, 1908; voir vol. III, p. 112.)

<sup>(2)</sup> Plus récemment, M. Russell-Clarke a proposé d'appliquer une telle captation des courants par effet de capacité dans le cas de la machine acyclique, mais ceci ne supprime pas l'amortissement du flux dû aux bagues.

<sup>(3)</sup> En 1891, M. Leblanc avait, du reste, déjà eu l'idée de créer, artificiellement, une résistance négative, au moyen d'une machine d'induction à collecteur de type spécial à balais tournants.

<sup>(4)</sup> Voir notamment *l'Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, 1905, p. 390.

des variations de flux rapides dans les pièces polaires de l'électro-aimant. Celles-ci, taillées en pointe pour augmenter l'amplitude desdites variations, sont munies de bobines dans lesquelles sont induites des forces électromotrices alternatives. Étant donnée l'absence de tout enroulement sur le rotor, il pouvait paraître intéressant d'appliquer une telle machine à plus grande échelle. Vers la fin de 1907, nous proposâmes ainsi un alternateur constitué de la façon suivante (fig. 11) :

» Comme dans la petite machine de Dolezalek, le rotor est constitué par un disque denté D en tôle aussi divisée que possible;

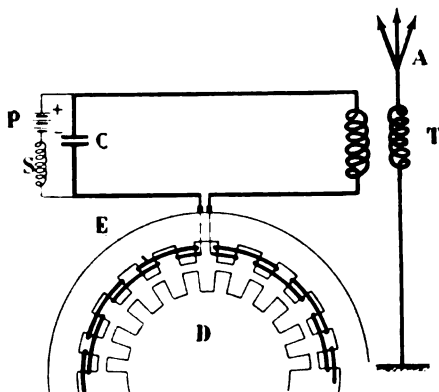


Fig. 11. — Machine à self-induction périodiquement variable.

autour de ce rotor, se trouve placé un stator possédant le même nombre de dents, et muni d'un enroulement unique E capable de créer une série de pôles alternés. Dans ces conditions, si l'on envoie dans cet enroulement E le courant d'une source à courant continu P, il se produit évidemment dans cet enroulement un courant alternatif qui se superpose au courant continu excitateur, et qui est capable d'alimenter par exemple une antenne radiotélégraphique A par l'intermédiaire d'un transformateur T. Une bobine de self-induction S pourra être mise en série avec la source P, le tout étant shunté par un condensateur C, pour éviter le passage du courant alternatif à travers ladite source. En somme, la différence essentielle avec la machine de Dolezalek consiste en la réunion en un seul enroulement E des deux enroulements inducteur et induit: non seulement cette réunion simplifie la construction, mais elle augmente évidemment l'utilisation du cuivre. Il

est à noter que la fréquence d'une semblable machine est donnée par la formule

$$(9) \qquad f = nm,$$

en désignant par  $m$  le nombre de dents du stator (ou du rotor).

» Comme ces  $m$  dents ne forment en réalité que  $m$  pôles, on voit qu'à conditions égales, la machine en question fournira une fréquence double de celle obtenue avec les machines de la première classe.

» Malgré pourtant ces propriétés intéressantes, nous abandonnâmes l'étude de réalisation devant les objections soulevées à l'époque par un grand nombre de physiciens éminents contre l'emploi du fer aux fréquences très élevées. [Il faut convenir du reste que l'avantage découlant de la formule (9) ci-dessus est compensé en partie par la double obligation de diminuer la vitesse tangentielle par suite de l'emploi d'un rotor en tôle feuilletée et de choisir pour  $E$  un pas polaire relativement plus grand qu'avec une machine normale, en raison de l'effet très accusé des fuites magnétiques.]

» Nous eûmes alors l'idée (fin 1908) de remplacer la self-inductance à variations périodiques que constitue en réalité la machine de la figure 11 par une capacité également à variations rapides; on arrive ainsi immédiatement au schéma de la figure 12 dans

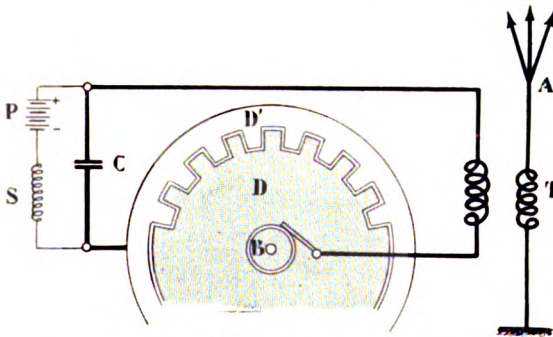


Fig. 12. — Machine à capacité périodiquement variable.

lequel le rotor et le stator sont constitués par exemple par des disques  $D$ ,  $D'$  entaillés de façon convenable pour former ensemble une sorte de condensateur tournant de Kôpsel. Si la tension de

la source P est suffisamment élevée, il se produit encore dans le primaire et le secondaire du transformateur T des courants alternatifs capables d'être utilisés de façon quelconque <sup>(1)</sup>. L'avantage obtenu ici, en plus de la suppression de toute perte magnétique, est de pouvoir adopter pour le rotor des disques massifs en substance arbitraire; par contre il faut évidemment prévoir une isolation très soignée entre les disques fixes et les disques mobiles. Il paraît du reste quasi impossible, même en multipliant le nombre des disques, de mettre en jeu une puissance notable avec une machine tournant à air libre, car si d'un côté il est indispensable de limiter le jeu entre les pièces fixes et les pièces mobiles, pour que les variations de capacité soient sensibles, d'un autre côté il ne faut pas le rendre de l'ordre des distances explosives.

» Comme la puissance produite est proportionnelle au carré de la tension de la source P, on se trouve donc enfermé dans un dilemme; il semble en outre peu probable que l'on arrive à maintenir entre le rotor et le stator une couche d'un isolant meilleur que l'air. Finalement, la machine de la figure 12 paraît jusqu'ici limitée à des cas très spéciaux, ne nécessitant qu'une très faible puissance; peut-être pourrait-on améliorer beaucoup la puissance spécifique en la plaçant dans un vide convenable (ceci serait en outre très avantageux au point de vue des pertes par ventilation) (B).

» Enfin, nous mentionnerons, avant de passer aux machines de la classe suivante, que les machines qui viennent d'être décrites peuvent dans certains cas fonctionner comme auto-excitatrices, l'ensemble PS étant alors supprimé <sup>(2)</sup>.

» IV. *Machines utilisant les harmoniques de distribution du champ magnétique.* — Parmi les artifices les plus immédiats pour obtenir un courant de fréquence élevée, il convient de placer celui qui con-

---

(1) Nous avons appris, depuis, qu'une machine de ce genre a été proposée également par Fessenden, mais nous ignorons si elle a donné un résultat.

(2) Cette propriété, signalée originairement par Lord Rayleigh (*Philosophical Magazine*, 1887), a été retrouvée indépendamment et expérimentée par notre ancien président, M. Boucherot, vers 1893-1894 (voir le *Bulletin*, 1898, p. 90 et suiv.); dans le cas particulier de la figure 12, elle fut en outre étudiée de façon très complète par M. Brillouin (*Éclairage électrique*, t. XI, p. 49).

siste à faire résonner un harmonique de distribution du champ magnétique. Naturellement, pour que cet artifice, proposé par Wien dès 1901, soit utilisable, il faut que l'harmonique en question ait une amplitude relative très notable, et ceci conduit évidemment à des machines possédant des pièces polaires à profil tout spécial. Si l'on admet le problème résolu à cet égard (nous reviendrons ultérieurement sur ce point), diverses méthodes peuvent être adoptées pour éliminer l'onde fondamentale, ainsi que les autres harmoniques de rang inférieur à celui que l'on désire utiliser.

» Un inventeur anglais, M. Balsillie, a proposé dans ce but l'artifice suivant : Prenons un inducteur à  $2p$  pôles, et un induit sur la périphérie duquel sont disposés régulièrement  $2p + 1$  conducteurs; si la vitesse angulaire relative des deux organes est  $n$ , l'onde fondamentale de la force électromotrice totale obtenue en montant en série les  $2p + 1$  conducteurs (par un bobinage en anneau par exemple) aura une fréquence égale à

$$(10) \quad f = p(2p + 1)n.$$

On arriverait ainsi aisément à des fréquences très élevées.

» Dans un article récent de *La Lumière électrique* (13 septembre 1913, p. 327), M. Bouthillon donne une théorie intéressante de ce genre de machines et montre que d'une manière générale on peut écrire

$$(11) \quad f = \frac{pmn}{d},$$

en désignant par  $m$  le nombre de conducteurs espacés à la périphérie de l'induit, et  $d$  le plus grand commun diviseur entre  $p$  et  $m$ . (Dans le cas spécial envisagé par M. Balsillie,  $m = 2p + 1$ , d'où  $d = 1$ .)

» Malheureusement, l'amplitude de l'onde de fréquence  $f$  est égale à  $m$  fois celle de l'harmonique de rang  $\frac{m}{d}$  dans l'expression de la force électromotrice induite dans chaque conducteur considéré isolément; par conséquent le problème revient en réalité à créer un harmonique de ce rang ayant une amplitude extrêmement accusée. Théoriquement, on peut toujours aboutir à ce résultat, surtout au moyen d'un champ nettement délimité, dans l'entrefer, au bord des pièces polaires, mais on sait que pratiquement les

harmoniques d'ordre élevé sont toujours d'amplitude relative très faible (il ne s'agit pas ici, bien entendu, d'harmoniques de denture). Tout compte fait, la production d'un tel harmonique de rang élevé nécessiterait un façonnage extraordinairement délicat des pièces polaires, et en réalité on ne ferait guère que déplacer, sinon accroître, la difficulté de construction signalée à propos des machines de la classe I.

» Nous signalerons pour finir que M. Heyland, l'inventeur bien connu, a pris récemment divers brevets pour des machines basées sur un principe analogue à celui préconisé par MM. Balsillie et Bouthillon, mais utilisant plus spécialement les harmoniques produits dans des enroulements polyphasés reliés en série; nous ignorons si ces brevets ont été mis à exécution.

» V. *Machines en cascade*. — Au lieu de chercher, comme dans l'alternateur Pyke et Harris mentionné plus haut, à additionner des vitesses de rotation absolues pour augmenter la vitesse relative de l'inducteur et de l'induit, on peut être tenté de superposer à la rotation mécanique les rotations de champs magnétiques tournants.

» Dès 1894, l'inventeur américain Jarvis-Patten proposa ainsi la mise en cascade de plusieurs alternateurs monophasés; l'induit du premier, dont l'inducteur est excité par du courant continu, produit un courant de fréquence  $f$  qui est envoyé dans l'inducteur (naturellement feuilleté) de l'alternateur suivant. Il est facile de démontrer <sup>(1)</sup> que la fréquence du courant alternatif engendré dans l'induit de celui-ci sera  $2f$  <sup>(2)</sup>; ce dernier courant est envoyé dans l'inducteur d'un troisième alternateur. Dans ces conditions, le nouveau courant alternatif produit sera la somme de deux courants de fréquences  $3f$  et  $f$  [voir la note <sup>(2)</sup> précédente]. On peut rendre l'intensité du dernier relativement négligeable en interca-

---

<sup>(1)</sup> Cf. ARNOLD, *Un problème relatif à la fréquence des courants alternatifs* (*La Lumière électrique*, t. XLVII, p. 386).

<sup>(2)</sup> D'une façon générale, d'après le théorème de Leblanc, un alternateur monophasé excité par un courant alternatif de fréquence  $kf$  fournit deux courants induits simultanés de fréquence  $(k+1)f$  et  $(k-1)f$ .



lant dans le circuit une capacité amenant en résonance le courant de fréquence  $3 f$ .

» Celui-ci pourra être envoyé dans l'inducteur d'un quatrième alternateur dont l'induit sera le siège de deux courants de fréquences  $4 f$  et  $2 f$ ; on fera encore résonner le courant de plus haute fréquence, qui servira à alimenter l'inducteur d'une cinquième machine, et ainsi de suite. La fréquence obtenue avec le  $m^{\text{ème}}$  alternateur serait de cette façon égale à  $mf$ ; il est à noter que l'inventeur F. Jarvis-Patten croyait que la fréquence croissait en progression géométrique avec le nombre des alternateurs, c'est-à-dire que la fréquence du  $m^{\text{ème}}$  serait  $2^{m-1} f$ , ce qui eût été beaucoup plus avantageux <sup>(1)</sup>.

» En 1904, pendant un voyage à l'exposition de Saint-Louis, M. Marius Latour proposa au colonel Ferrié (alors capitaine) une telle mise en cascade; il rédigea même à l'époque une Note signalant la possibilité d'utiliser des rotors à cage d'écureuil, et de supprimer toute bague de captation en choisissant un nombre pair d'alternateurs, les inducteurs tournants des alternateurs de rang pair étant reliés directement aux induits tournants des alternateurs de rang impair.

» A la fin de 1907, M. Rudolf Goldschmidt se proposa de réduire le nombre des machines en cascade en faisant resservir la même machine à plusieurs conversions successives de fréquence; cette idée le conduisit en fin de compte à la réalisation d'un alternateur très intéressant. Bien que celui-ci ait été décrit à maintes reprises dans la presse technique, nous croyons utile de rappeler sa théorie en quelques mots :

» La machine Goldschmidt, appliquée par exemple à un poste radiotélégraphique, se compose simplement d'un stator et d'un rotor munis respectivement d'enroulements monophasés E et E' (fig. 13) de polarité aussi élevée que possible; en appuyant sur le manipulateur M, on envoie dans l'enroulement statorique E le courant continu d'une source d'excitation P, protégée comme pré-

---

<sup>(1)</sup> L'erreur de M. Jarvis-Patten est signalée dans une étude de M. L. Cohen parue dans l'*Electrical World* du 18 février 1908, p. 315. Il semble du reste établi que, même antérieurement à 1891, les propriétés réelles de la mise en cascade étaient connues de certains électriciens, et en particulier de M. Boucherot.

cédemment contre tout passage de courant alternatif par une impédance convenable  $S$ . On obtient ainsi un courant de fréquence  $\frac{\omega}{2\pi} = f$  dans le rotor, et si les bagues  $B$  sont reliées à un circuit extérieur, composé d'inductances et de capacités, tel que le chemin fermé  $mnqpm$  ait une réactance apparente quasi nulle pour la fréquence  $f$ , ce courant atteindra son amplitude maximum.

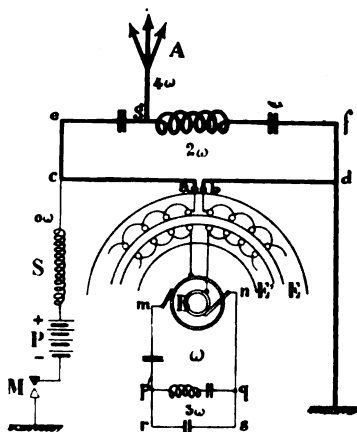


Fig. 13. — Schéma de principe de la machine Goldschmidt.

Par application du théorème de Leblanc mentionné dans une Note précédente, ce courant rotorique de fréquence  $\frac{\omega}{2\pi}$  engendrera dans le stator un courant de fréquence  $\frac{\omega}{2\pi} + \frac{\omega}{2\pi} = \frac{2\omega}{2\pi}$  auquel on constituera de même un chemin fermé  $acegfdba$  aussi peu réactant que possible <sup>(1)</sup>. Ce courant de fréquence double produit à son tour deux courants de fréquences respectives  $\frac{2\omega}{2\pi} + \frac{\omega}{2\pi}$  et  $\frac{2\omega}{2\pi} - \frac{\omega}{2\pi}$  dans le rotor, et l'on ménage au premier, dont la fréquence est triple de la fréquence initiale, le chemin fermé  $mprsqnm$ . Finalement ce courant de fréquence  $\frac{3\omega}{2\pi}$  engendre dans le stator deux courants de fréquences respectives  $\frac{3\omega}{2\pi} + \frac{\omega}{2\pi}$  et  $\frac{3\omega}{2\pi} - \frac{\omega}{2\pi}$ ;

(<sup>1</sup>) D'après la décomposition, suivant le théorème de Leblanc, du champ alternatif de fréquence  $\frac{\omega}{2\pi}$  produit par le rotor en deux champs tournants, il existe encore un champ fixe par rapport au stator, lequel constituerait la réaction d'induit proprement dite d'un alternateur monophasé ordinaire.

le premier, recueilli aux bornes  $gd$ , sert ainsi à alimenter l'antenne sous la fréquence  $\frac{4\omega}{2\pi}$ , de telle sorte que l'on a bien réalisé une machine fournissant, à égalité de vitesse périphérique et de pas polaire, une fréquence quadruple de celle obtenue avec une machine ordinaire à pôles alternés. Il est à remarquer qu'il suffira, pour que la dérivation  $gfd$  n'absorbe pas inutilement de courant de fréquence quadruple, que ce circuit dérivé ne soit pas accordé sur ladite fréquence; en l'accordant au contraire sur la fréquence  $\frac{2\omega}{2\pi}$ , aucune tension de cette fréquence n'existera pratiquement entre les bornes d'utilisation  $g$  et  $d$ . Si d'autre part le condensateur placé entre les points  $g$  et  $e$  est choisi de manière à équilibrer la réactance de l'enroulement statorique  $E$  pour la fréquence  $\frac{2\omega}{2\pi}$ , la mise en fonctionnement de l'antenne ne troublera pas la résonance du circuit fermé  $acegfdba$  pour ladite fréquence; de même, on pourra ajuster le condensateur placé entre les points  $p$  et  $m$  pour lever la réactance propre du rotor à la fréquence  $\frac{\omega}{2\pi}$ , de manière que l'adjonction du condensateur de la branche  $rs$  ne trouble pas la résonance du chemin fermé  $mnqpm$  pour cette fréquence <sup>(1)</sup>.

» Bien entendu, on pourrait aussi étendre le même principe à

(1) Désignons par  $L$  et  $C$  les constantes du circuit dérivé  $pq$  supposé, pour simplifier, dénué de résistance ohmique, et par  $K$  la capacité de la branche  $rs$ ; la réactance réduite de l'ensemble des deux branches est, pour la fréquence  $\frac{m\omega}{2\pi}$ :

$$Z = \frac{-\left(m\omega L - \frac{1}{m\omega C}\right) \frac{1}{m\omega K}}{m\omega L - \frac{1}{m\omega C} - \frac{1}{m\omega K}};$$

elle est donc nulle pour  $m = 1$ , si la condition  $\omega^2 LC = 1$  est satisfaite, tandis que pour  $m = 3$ , elle devient, en tenant compte de cette condition,

$$Z = -\frac{8}{3(8\omega K - \omega C)},$$

c'est-à-dire pourra toujours être assimilée à la réactance négative d'une pure capacité, si le rapport  $\frac{C}{K}$  est bien choisi.

un nombre plus considérable de multiplications de la fréquence; par une sorte de réflexion, on obtiendrait ainsi dans le stator les fréquences paires, 0,  $\frac{2\omega}{2\pi}$ ,  $\frac{4\omega}{2\pi}$ ,  $\frac{6\omega}{2\pi}$ , ..., et dans le rotor les fréquences impaires  $\frac{\omega}{2\pi}$ ,  $\frac{3\omega}{2\pi}$ ,  $\frac{5\omega}{2\pi}$ , ...

» Mais nous verrons plus loin qu'on se trouve vite arrêté en pratique, d'une façon générale, et dans le cas spécial de la machine Goldschmidt, une limite est déjà imposée, indépendamment de toute autre considération, par la complexité à laquelle on aboutirait pour les circuits statoriques et rotoriques, si l'on dépassait la fréquence quadruple.

» Nous venons d'exposer la théorie de cette machine en analysant le schéma très ingénieux réellement appliqué par son inventeur sur les alternateurs déjà exécutés; en réalité, sans vouloir diminuer le grand mérite de celui-ci qui a fait preuve, dans cette circonstance, de remarquables qualités inventives et constructives, on peut considérer la machine de la figure 13 comme un cas particulier d'application du théorème suivant, dû à notre ancien président M. Boucherot <sup>(1)</sup> :

« Dans une machine à pôles alternés l'induit est le siège d'une  
» force électromotrice et d'un courant représentés par une infinité  
» de termes *impairs* de la série de Fourier, et les inducteurs le siège  
» d'une force électromotrice et d'un courant représentés par une  
» infinité de termes *pairs* de la série de Fourier. »

» Du reste, M. Boucherot s'était rendu compte de la possibilité d'appliquer ce théorème à l'établissement de machines à haute fréquence, ainsi que le montre clairement les lignes suivantes :

« Les coefficients des courants de fréquences successives de ces  
» deux séries vont naturellement en décroissant et décroissent  
» très rapidement, à cause de la self-induction des deux circuits,  
» qui réduit d'autant plus les valeurs des intensités que la fréquence est plus grande.

» Mais il ne faudrait pas croire que ce soit un fait inévitable;

---

(1) Cf. *La Lumière électrique*, 25 mars 1893, p. 554.

» il est possible de faire croître les coefficients au lieu de les faire  
» décroître; il est possible également de les faire croître jusqu'au  
»  $n^{\text{ième}}$  terme, puis décroître ensuite à l'aide des propriétés remar-  
» quables des condensateurs, ce qui permet d'obtenir des courants  
» d'une fréquence très élevée et de faire des machines donnant  
» toutes sortes de fréquences, mais dont les courants d'une fré-  
» quence donnée seraient les plus intenses et pourraient par  
» conséquent être considérés comme courants principaux. »

» M. Boucherot possédait donc dès 1893, une idée très exacte de la multiplication de fréquence par réflexion, mais on conçoit qu'à cette époque une telle application ne parut pas présenter d'intérêt industriel et qu'il fallut attendre une quinzaine d'années pour la voir réinventée et mise au point par M. R. Goldschmidt.

» La première machine présentée, en 1912, à la Conférence radio-télégraphique de Londres, possédait une fréquence finale de 60 000 périodes, la fréquence fondamentale étant ainsi de 15 000 périodes, pour une vitesse périphérique d'environ 150 m à la seconde; les condensateurs étaient au mica, et les bobines de self-induction, à spirales plates, étaient plongées dans l'huile.

» Successivement diverses machines ont été construites, et il paraîtrait qu'on soit arrivé à établir des machines de fréquence 40 000 (fig. 14), pouvant fournir 150 kW à 3100 tours environ

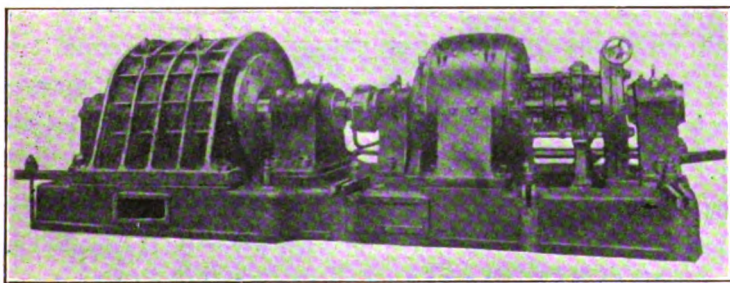


Fig. 14. — Vue d'un alternateur Goldschmidt de grande puissance accouplé directement avec un moteur à courant continu.

(enroulements à 384 pôles). Ce serait là un résultat tout à fait remarquable, la vitesse angulaire étant assez faible pour permettre l'accouplement direct avec un moteur à courant continu.

» Si l'on compare la machine Goldschmidt avec la machine

dérivée du type primitif de Jarvis-Patten, on constate tout d'abord que le progrès réalisé est notable, au point de vue constructif, puisqu'il n'y a plus qu'un seul rotor et un seul stator; d'ailleurs les divers circuits de résonance ont des parties communes, de telle sorte que, pour le moins, aucune complication nouvelle de l'ensemble du système électrique ne résulte du fait de la superposition des divers courants dans les organes de la machine. Enfin, on n'a plus à envisager l'élimination des courants parasites produits, comme on l'a vu, dans la machine genre Jarvis-Patten, au cours de la multiplication de la fréquence; seul le dernier courant de fréquence  $\frac{4\omega}{2\pi}$  peut produire un champ tournant parasite de fréquence  $\frac{4\omega}{2\pi} + \frac{\omega}{2\pi} = \frac{5\omega}{2\pi}$  dans le rotor, qui lui-même peut provoquer dans le stator d'autres effets parasites.

» Ainsi que l'a fait remarquer M. Latour <sup>(1)</sup>, on est en quelque sorte dans la même situation qu'avec une succession de machines polyphasées dont la dernière comporterait un circuit d'utilisation monophasé. Pour préciser ce point, rappelons-nous qu'avec  $m$  machines polyphasées, de même polarité, montées en cascade, suivant un principe bien connu proposé industriellement depuis longue date pour des convertisseurs de fréquence <sup>(2)</sup>, il est évidemment très aisé de multiplier  $m$  fois la fréquence fournie par la première machine, si l'on a soin d'établir les connexions entre les divers organes de façon que les champs inducteurs successifs tournent en sens inverse des rotors (supposés constituant les induits); une telle multiplication de fréquence n'entraîne évidemment aucune production de champs ou courants parasites et constitue donc à ce point de vue un modèle du genre.

» On peut donc dire avec M. Latour <sup>(3)</sup> que le rendement dans la génération par réflexion d'un courant alternatif simple équivaut, seulement à la limite, à celui obtenu dans la génération de courants polyphasés par machines montées en cascade. L'équivalence ne

---

<sup>(1)</sup> Cf. *La Lumière électrique*, 2<sup>e</sup> série, t. XX, 23 novembre 1912, p. 229.

<sup>(2)</sup> Citons comme cas particulier la commutatrice en cascade LEBLANC-ARNOLD; voir notamment A. BUNET, *Le problème de la transformation de la fréquence* (Congrès de Turin, vol. II, p. 179).

<sup>(3)</sup> Cf. *La Lumière électrique* (loc. cit.).



serait obtenue en effet que si les pertes supplémentaires, signalées plus haut comme provenant du champ tournant parasite produit par le courant d'utilisation de fréquence  $\frac{4\omega}{2\pi}$ , devenaient négligeables devant l'importance des autres pertes de la machine.

» En définitive, si la machine Goldschmidt constitue un perfectionnement important par rapport à la machine primitive constituée par  $m$  alternateurs monophasés en cascade, elle ne semble pas, au moins au point de vue du rendement, réaliser des avantages quelconques sur la mise en cascade de plusieurs machines polyphasées. Du reste M. Latour a également montré <sup>(1)</sup> qu'il était indifférent, au double point de vue du rendement et de la puissance spécifique, que la mise en cascade de plusieurs machines polyphasées se fasse avec des machines distinctes ou avec des machines totalisées dans une seule, celle-ci étant utilisée pour les  $m$  multiplications successives.

» Nous fûmes ainsi conduit à chercher l'utilisation d'une machine constituée très simplement de la façon suivante :

» Le stator  $A_1$  (*fig. 15*) d'un premier alternateur est alimenté

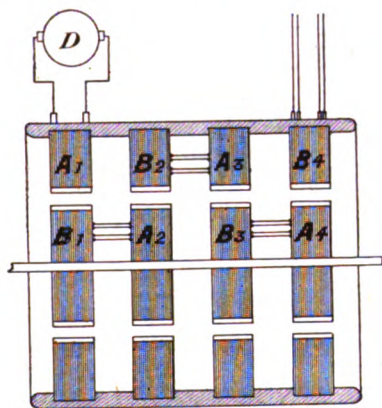


Fig. 15. — Montage en cascade de plusieurs machines polyphasées.

par exemple par une source à courant continu  $D$ ; on obtient ainsi dans le rotor  $B_1$  un courant de fréquence  $f$ , que nous supposerons diphasé. Ce courant est dirigé dans le rotor  $A_2$ , les connexions étant faites de manière que le champ tournant produit par  $A_2$

<sup>(1)</sup> Cf. *La Lumière électrique*, 2<sup>e</sup> série, t. XVIII, 22 juin 1912, p. 357.

tourne dans le même sens que le rotor; on obtient alors évidemment, les machines étant supposées toutes de même polarité, un courant de fréquence  $2f$  dans le stator  $B_2$ . En passant de même de  $B_2$  à  $A_3$ , puis de  $B_3$  à  $A_1$ , les connexions étant encore faites de manière convenable, on arrive finalement à obtenir en  $B_4$  un courant diphasé de fréquence  $4f$  que l'on pourra utiliser, si l'on ne désire pas pousser plus loin la multiplication.

» Il est à noter qu'étant donnée la faible valeur du pas polaire, les têtes de bobines occupent sur les faces latérales des stators et rotors un volume très restreint, et il en résulte qu'en réalité les espaces ménagés axialement entre deux alternateurs consécutifs se réduisent à de simples événements pour la ventilation; si l'on ajoute à cela que les rotors  $B_1$  et  $A_2$  d'une part,  $B_3$  et  $A_4$  d'autre part, peuvent être munis d'un enroulement commun analogue comme aspect à une cage d'écureuil <sup>(1)</sup>, grâce à un artifice facile à imaginer <sup>(2)</sup>, on est en droit de conclure que l'emploi de plusieurs alternateurs distincts, disposés dans une carcasse unique, n'entraîne en réalité aucune complication, même au point de vue constructif, vis-à-vis de la machine genre Goldschmidt. Pourtant l'emploi de machines polyphasées comportait en lui-même deux difficultés qu'il importait de faire disparaître :

» 1<sup>o</sup> En raison de la nature des enroulements, il est nécessaire, même si l'on se limite au courant diphasé, de prévoir au moins deux encoches par pôle, tandis que la machine monophasée ne demande à la rigueur qu'une encoche par pôle; à égalité de pas polaire, il semble donc que la dernière pourrait fournir une fréquence double. Mais, en réalité, il est à noter que pour obtenir une machine vraiment industrielle, on doit admettre, même avec une machine monophasée, un entrefer qui ne soit pas trop exigü, de telle sorte qu'en pratique on sera conduit à adopter un pas polaire capable de contenir deux encoches; il convient du reste de se rappeler à ce sujet qu'il ne s'agit pas, au moins dans l'état actuel

---

(1) Une réelle cage d'écureuil ne peut être appliquée pour obtenir un sens correct de rotation des champs.

(2) Voir, par exemple, celui décrit par M. Latour dans son étude précitée du 23 novembre 1913.



de l'Électrotechnique, de profiter de la mise en cascade pour arriver à multiplier la fréquence la plus élevée atteinte déjà par exemple avec les machines de la première classe, mais bien justement d'arriver industriellement à une fréquence dépassant 10 000 avec des machines de pas polaire raisonnable. La production d'une fréquence supérieure ou du moins égale à cette valeur nous paraît déjà susceptible d'applications intéressantes; par exemple, sans même se risquer dans des hypothèses plus ou moins fondées, on peut affirmer dès à présent que l'emploi de longueurs d'onde comprises entre 10 km et 30 km est parfaitement admissible pour des postes radiotélégraphiques à très grande portée. Depuis quelque temps, en effet, des postes destinés à des communications intercontinentales possèdent des longueurs d'onde comprises entre ces limites, bien que ces postes prévoient l'emploi normal de matériel d'émission à étincelles, c'est-à-dire produisant des ondes non entretenues. L'intérêt des ondes très longues a été du reste suffisamment signalé récemment pour qu'il n'y ait pas lieu d'insister ici davantage <sup>(1)</sup>.

» Nous profiterons de la circonstance pour mentionner qu'à notre avis, confirmé du reste par un certain nombre d'essais, il est possible de réaliser une antenne ayant une longueur d'onde propre considérablement plus élevée que celle obtenue en construisant une antenne de type ordinaire sur les mêmes pylônes; on obtient ainsi une économie considérable dans le prix de revient de l'antenne. L'artifice en question consiste à utiliser (*fig. 16*) un fil qui, partant de la station, s'élève verticalement, et se trouve ensuite enroulé en forme de spirale plate maintenue dans un plan sensiblement horizontal par des isolateurs convenablement disposés, soutenus par des câbles traversiers. Bien entendu, la partie montante de l'antenne ainsi constituée peut comporter plusieurs fils parallèles, au lieu d'un fil unique, de façon à régler le plus convenablement possible le rayonnement électromagnétique de l'antenne (localisé à peu près exclusivement dans cette montée); de même la spirale peut être composée de brins parallèles; on peut

---

<sup>(1)</sup> Nous nous réservons de traiter en détail cette question dans une Communication ultérieure.

encore coupler en quantité plusieurs antennes distinctes du type en question, etc. Le premier dessin de la figure 17 montre, à titre de comparaison, une antenne ordinaire en nappe constituée par

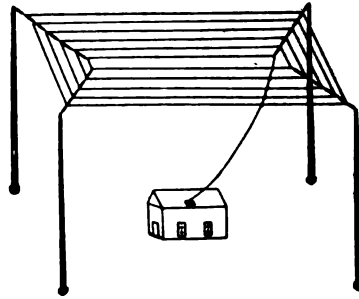


Fig. 16. — Antenne en spirale pour grandes longueurs d'onde.

11 fils; la longueur d'onde était de 3500 m, les longueurs indiquées sur le croquis étant en mètres. L'antenne en spirale représentée sur le second dessin arrive à une longueur d'onde de 5500 m avec

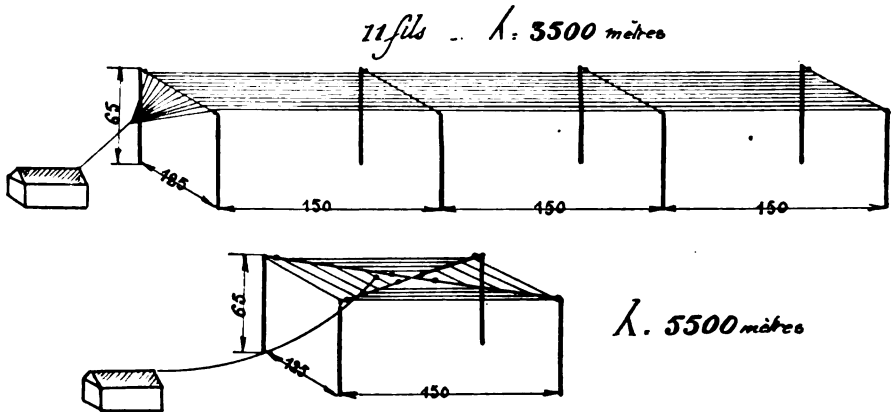


Fig. 17. — Comparaison avec une antenne ordinaire.

4 pylônes seulement et une superficie couverte de 18 750 m soit moitié de celle occupée par l'antenne normale <sup>(1)</sup>. Enfin, dans le cas où la fréquence requise dépasserait 20 000, par exemple, on pour-

---

(<sup>1</sup>) Vis-à-vis de l'emploi d'une bobine de self-induction embrochée, à la manière ordinaire, au pied de l'antenne normale, la solution préconisée a tout d'abord les avantages de profiter à la fois de la self-inductance et de la capacité réparties de la spire horizon-

rait toujours employer des transformateurs statiques de fréquence, notamment ceux imaginés par le jeune savant français Maurice Joly, mort prématurément avant d'avoir pu assister aux importantes applications de sa découverte, faites en Allemagne par la Société Telefunken.

» 2<sup>o</sup> On pourrait évidemment concevoir des applications des courants à haute fréquence dans lesquelles on utiliserait du courant polyphasé; même dans le cas, le plus important encore, d'applications radiotélégraphiques ou radiotéléphoniques, il serait possible d'imaginer des antennes polyphasées, douées du reste de propriétés très curieuses. Mais normalement on aura affaire à un débit d'utilisation monophasé, de telle sorte que l'emploi de machines polyphasées reste subordonné à la transformation de courant polyphasé en courant monophasé. Or, la transformation inverse est déjà connue, et l'on sait produire un champ tournant aussi parfait que l'on désire en partant d'une source monophasée; c'est le cas des procédés de démarrage des moteurs d'induction monophasés. D'autre part, bien que ceci soit possible même sans l'emploi de condensateurs (<sup>1</sup>), celui-ci devient très admissible industriellement aux hautes fréquences. Finalement, ces considérations nous ont amené à prévoir la conversion du courant diphasé fourni par une machine du type de la figure 15 en courant monophasé au moyen de divers montages dont le schéma de la figure 18 forme le prototype.

» Il s'agit en l'espèce d'alimenter une antenne A au moyen des enroulements statoriques  $E_1$  et  $E_2$  du dernier alternateur diphasé de la cascade; à cet effet, l'enroulement  $E_2$ , par exemple, est embroché directement entre l'antenne et la terre, une inductance  $L_2$  et une capacité  $C_2$  permettant de régler l'impédance du circuit ainsi formé. Quant à la phase 1, l'enroulement  $E_1$  débite par l'inter-

---

taile et de faciliter dans une grande mesure une bonne isolation. En outre, la présence d'une inductance concentrée a l'inconvénient d'être peu favorable au rayonnement de la partie basse de l'antenne et d'augmenter l'encombrement des appareils à loger dans le poste. Bien entendu, l'antenne en spirale ne serait guère utilisable avec des ondes amorties, en raison des tensions exagérées qui seraient développées entre les brins horizontaux.

(<sup>1</sup>) Voir notamment nos brevets 345997 (2 septembre 1904) et 430898 (25 août 1910).

médiaire du condensateur  $C_1$ , et de la bobine de self-induction  $L_1$ , sur le primaire d'un transformateur  $T$  dont le secondaire est également monté en série dans le circuit d'antenne. Dans ces conditions, si les condensateurs  $C_1$  et  $C_2$  sont réglés de manière à compenser tout effet de self-induction dans leurs circuits respectifs,

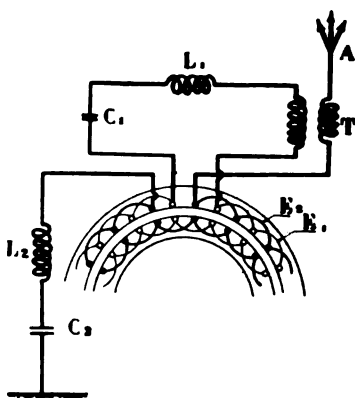


Fig. 18. — Principe de l'alimentation d'une antenne unique par un alternateur diphasé.

et si l'on désigne par  $R$  la résistance ohmique apparente créée par le rayonnement de l'antenne et par  $M$  le coefficient d'induction mutuelle des enroulements du transformateur  $T$ , on peut démontrer aisément que la condition nécessaire et suffisante, pour que les amplitudes des courants circulant dans les enroulements  $E_1$  et  $E_2$  soient les mêmes, et que leur déphasage relatif dans le temps soit bien égal à  $\frac{\pi}{2}$ , est que la relation

$$M = \frac{R}{4\pi mf}$$

soit satisfaite, en supposant que la fréquence fournie par le dernier alternateur de la cascade soit égale à  $mf(C)$ .

» Par surcroît, on vérifie que, dans chaque phase, tout déphasage entre la force électromotrice et le courant est supprimé, de telle sorte que l'installation fonctionne dans d'excellentes conditions.

» La figure 19 donne la vue extérieure d'une petite machine d'essais construite dès 1911 par la Société alsacienne de Constructions mécaniques, de Belfort, pour la Société française radioélectrique; cette machine n'avait pu fournir jusqu'ici à 24 000 périodes qu'une puissance très limitée en raison de l'épaisseur exa-

gérée des tôles employées (tôles de  $\frac{22}{100}$  étudiées par M. Jouaust dans la Communication rappelée plus haut), mais avec des nouvelles tôles de  $\frac{5}{100}$ , la puissance utile susceptible d'être recueillie dépasse 5 kw. Pour un diamètre rotorique de 380 mm et une vitesse angulaire de 6000 t : m, on obtient avec quatre éléments en cascade la fréquence 24 000, le nombre des encoches, commun au stator et au rotor, étant de 240; la vitesse tangentielle ne dépasse pas 120 m à la seconde, chiffre relativement modéré. D'après les

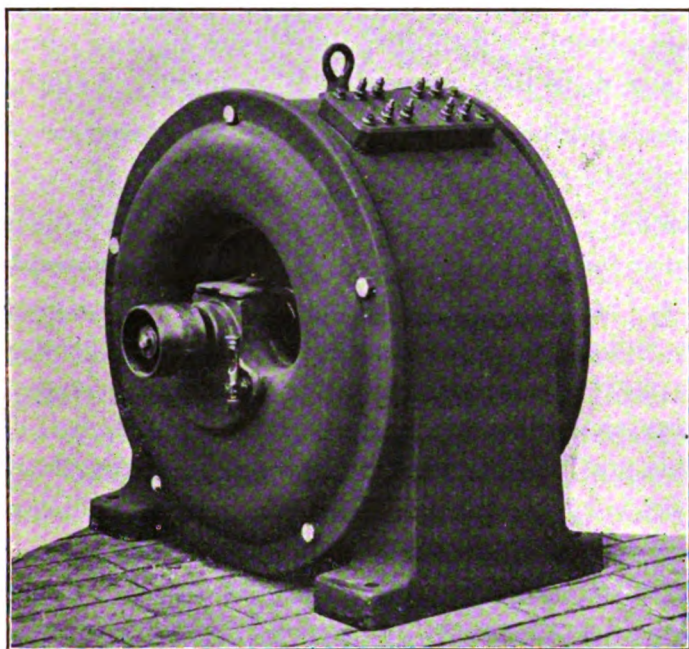


Fig. 19. — Machine d'essais.

résultats observés avec cette machine, tant au point de vue mécanique qu'au point de vue électrique, on peut envisager dès à présent la construction de machines de même fréquence, dont la puissance utile dépasserait une centaine de kilowatts; une machine de 150 kw est actuellement à l'étude. Il est à noter que la petite machine d'essais est munie de simples paliers à bagues et que son entrefer statique simple est de l'ordre de 0,3 mm.

» La théorie de  $m$  machines polyphasées en cascade se déduit très aisément de celle de la machine d'induction avec stator et rotor reliés respectivement à deux réseaux distincts de fréquence

différente (*General alternating current transformer* de Steinmetz). Il suffit en effet de procéder de proche en proche en considérant la machine de rang  $k$  de la cascade comme reliée à deux réseaux de fréquence  $f(k-1)$  et  $kf$  ( $f$  étant toujours la fréquence obtenue avec la première machine. On vérifie par là sans difficulté que celle-ci ( $k=1$ ) fonctionne comme un alternateur ordinaire, et que, dans le cas de machines idéales, la deuxième fonctionne moitié comme générateur <sup>(1)</sup>, moitié comme transformateur; de même la troisième machine augmente de 50 pour 100 l'énergie qu'elle reçoit de la seconde, c'est-à-dire fonctionne au tiers comme générateur et aux deux tiers comme transformateur, et ainsi de suite, la machine de rang  $k$  augmentant de  $\frac{1}{k-1}$  l'énergie électrique reçue de la  $(k-1)^{\text{ème}}$  <sup>(2)</sup>. En continuant de la sorte jusqu'à la  $n^{\text{ème}}$  machine, on se rend compte que bientôt les machines de la cascade ne fonctionnent guère plus que comme de simples transformateurs, l'énergie mécanique prélevée sur l'arbre par ces machines ne suffisant même plus à compenser les pertes d'ordre électrique entraînées par chaque transformation; le nombre de machines en cascade est donc toujours vite limité, et il ne paraît pas possible pratiquement de dépasser, même avec des machines polyphasées, le nombre 6, le nombre 4 demeurant d'ailleurs le plus fréquent (D).

» Enfin, nous signalerons en terminant que M. Latour a proposé l'emploi d'une machine d'induction diphasée, avec rotor monophasé fermé en court circuit sur lui-même, pour transformer un courant diphasé de fréquence  $kf$  en courant de fréquence  $(k+2)f$  ( $f$  désignant la fréquence qui serait produite dans le rotor par

---

(1) Étant entendu par générateur un transformateur d'énergie mécanique en énergie électrique.

(2) Ceci peut se démontrer très aisément, sans calcul; dans le cas où l'on peut négliger les pertes de toutes natures et les fuites magnétiques, les deux organes de la  $k^{\text{ème}}$  machine sont soumis au même flux. Si l'on suppose donc (ce qui est toujours loisible) que ces organes sont pourvus d'enroulements identiques, les forces électromotrices engendrées respectivement par ce flux seront dans le rapport des fréquences, c'est-à-dire dans le rapport  $\frac{k-1}{k}$ , et il en sera de même des puissances électriques correspondantes, les courants étant d'ailleurs d'amplitude sensiblement égale (comme dans un transformateur statique de rapport 1:1), si la réluctance du circuit magnétique commun est négligeable.

la circulation d'un courant continu dans l'enroulement statorique) <sup>(1)</sup>. Avec une seule machine de ce type, on peut même réaliser un alternateur possédant les avantages de la génération de courants polyphasés, c'est-à-dire débarrassé de la présence de tout champ parasite, tout en comportant un enroulement monophasé sur la pièce mobile; ceci peut naturellement présenter certains avantages au point de vue constructif, cet enroulement se réduisant à une simple cage d'écureuil. Considérons ainsi (*fig. 20*) une machine munie d'un rotor monophasé E et d'un stator pourvu de deux enroulements diphasés E' et E'' montés en série. Un courant continu d'excitation dû à la source P (protégée encore comme précédemment par l'impédance S contre le passage de tout courant de haute fréquence), crée par son passage à travers ces deux enroulements un champ inducteur, qui donne naissance lui-même à un courant de fréquence  $\frac{\omega}{2\pi} = f$  dans le rotor E. Celui-ci, par réactions successives, engendre, par un mécanisme analogue à celui décrit précédemment, des courants de fréquences  $2f$  et  $4f$  dans des circuits de résonance  $L_2 C_2$  et  $L_4 C_4$ , réglés de façon à amener au maximum l'amplitude desdits courants. Si l'on se limite par exemple à la fréquence  $6f$ , on pourra brancher l'appareil d'utilisation (en l'espèce le système antenne-terre) d'une manière analogue en lui adjoignant les appareils de réglage de résonance  $L_6$  et  $C_6$ ; mais on aura ainsi création <sup>(2)</sup> d'un champ parasite dû au passage du courant d'utilisation, de fréquence  $6f$ , dans les enroulements statoriques, et ceux-ci deviendraient en réalité absolument équivalents à un simple enroulement monophasé, si l'on ne les faisait en outre débiter respectivement sur un condensateur C et une bobine de self-induction L ajustés de telle façon que les deux phases fournissent, l'une un courant dévatté avant et l'autre un courant dévatté arrière de même intensité. On obtient

---

<sup>(1)</sup> La possibilité d'une telle transformation s'entrevoit encore aisément par la décomposition du champ alternatif produit par l'enroulement rotorique en deux champs tournants; ceux-ci tournent en effet par rapport au stator avec les fréquences respectives

$$(k+1-1)f = kf \quad \text{et} \quad (k+1+1)f = (k+2)f,$$

si le rotor est mû en sens inverse du champ tournant créé par le stator.

<sup>(2)</sup> Voir ce qui a été dit au sujet de la machine Goldschmidt.



ainsi <sup>(1)</sup> la formation d'un champ de réaction d'induit tournant en sens inverse du rotor <sup>(2)</sup>; ce champ tournant peut donc être ajusté de façon à annuler sensiblement le champ parasite qui

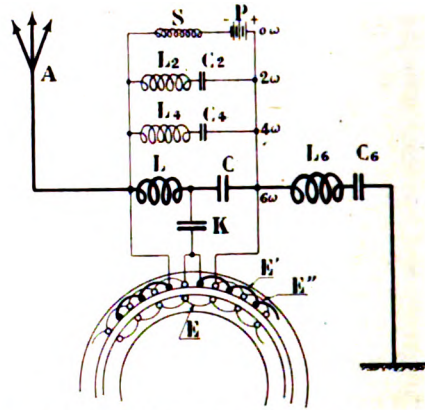


Fig. 20. — Machine diphasée Latour en un seul élément, avec rotor monophasé.

tourne précisément dans le même sens que lui, et l'on est finalement ramené au rendement et à la puissance spécifique de la génération polyphasée, c'est-à-dire libérée de la formation de tout champ parasite (E).

#### CONCLUSIONS.

» Si nous résumons tout ce qui précède, nous arrivons aux conclusions suivantes :

» 1<sup>o</sup> Il est possible actuellement de construire industriellement un alternateur, de puissance utile supérieure à une centaine de kilowatts, pour une fréquence atteignant au moins 10 000 et pouvant s'élever à 40 000, avec une vitesse tangentielle de 120 m à 150 m par seconde, le rendement demeurant acceptable;

» 2<sup>o</sup> Comme toutefois, même avec des fréquences comprises entre les limites que l'on vient d'indiquer, la difficulté de construction et le prix d'établissement croissent très rapidement avec la fréquence, le succès industriel des alternateurs à haute fréquence

(<sup>1</sup>) Le condensateur K a uniquement pour fonction d'arrêter le courant continu que pourrait dériver l'inductance L; il sera donc de capacité aussi grande qu'on le voudra.

(<sup>2</sup>) Si le condensateur C était remplacé par une inductance identique à L, il est évident que la rotation de ce champ de réaction serait renversé, et l'on retomberait bien dans le cas d'un alternateur diphasé chargé inductivement de façon normale.



dans des applications à la télégraphie et à la téléphonie sans fil dépend de l'adoption d'ondes extrêmement longues, pouvant atteindre plusieurs dizaines de kilomètres.

» Bien des sujets, se rattachant cependant de façon directe à la question des machines à haute fréquence, ont été passés à dessein sous silence dans la conférence précédente, déjà trop longue à notre gré : c'est ainsi qu'il n'a rien été dit sur les procédés destinés à maintenir une constance aussi grande que possible de la vitesse, c'est-à-dire de la fréquence, avec les machines des classes les plus importantes jusqu'ici au point de vue pratique.

» Il y aurait également lieu d'étudier de plus près l'application aux postes radiotélégraphiques et radiotéléphoniques, notamment en ce qui concerne l'émission des signaux et leur réception. Mais chacune de ces deux questions, la dernière surtout, mériterait elle-même de faire l'objet d'une Communication spéciale, et nous espérons que ces sujets seront traités prochainement devant vous en détail par des membres de nos sections compétentes. »

*Note annexe A.*

« Prenons d'abord le cas d'un alternateur diphasé, de type courant avec pôles alternés, à circuits magnétiques non saturés (c'est ici le cas de la pratique eu égard à la haute fréquence); si la force électromotrice induite à vide, à la fréquence  $\frac{\omega}{2\pi}$ , par le courant inducteur unité, est égale à  $M$ , la force électromotrice induite par le passage du courant  $I$  dans l'inducteur sera  $M\omega I$ . D'autre part, on peut toujours supposer que la self-induction totale des circuits induits (y compris celle des appareils d'utilisation) est équilibrée par des condensateurs convenablement dimensionnés (dont nous négligerons provisoirement les pertes); dans ces conditions, si l'on admet que les enroulements inducteurs et induits ont des résistances ohmiques apparentes égales respectivement à  $R_1$  et à  $R_2$ , et si le circuit d'utilisation possède une résistance ohmique apparente de valeur  $R$ , l'énergie utile recueillie vaut évidemment

$$P_2 = \frac{M^2 \omega^2 I^2 R}{(R_2 + R)^2}$$

ou encore

$$(a) \quad P_2 = \frac{M^2 \omega^2 E^2 R}{(R_2 + R)^2 R_1^2},$$

en désignant par  $E$  la force électromotrice de la source d'excitation.

» En mettant en évidence la puissance électrique  $P_1 = \frac{E^2}{R_1}$  absorbée pour la

création du champ magnétique, on peut donc écrire

$$(b) \quad P_2 = P_1 \frac{M^2 \omega^2 R}{(R_2 + R)^2 R_1},$$

c'est-à-dire, si l'on se place dans les conditions de puissance utile optimum ( $R = R_2$ ), en sacrifiant le rendement

$$(b') \quad P_{2\max} = P_1 \frac{M^2 \omega^2}{4 R_1 R_2}.$$

» Or, par définition, le coefficient de dispersion magnétique est égal à

$$\sigma = 1 - \frac{M^2}{L_1 L_2},$$

$L_1$  et  $L_2$  étant les self-inductances respectives des enroulements inducteurs et induits; d'autre part, l'ordre de grandeur des quotients  $\gamma_1 = \frac{L_1 \omega}{R_1}$  et  $\gamma_2 = \frac{L_2 \omega}{R_2}$  peut être évalué d'après le type de machine, comme avec tout appareil à courant alternatif.

» La formule (b') peut alors être mise sous la forme commode

$$(c) \quad P_{2\max} = P_1 \frac{(1 - \sigma) \gamma_1 \gamma_2}{4}.$$

» On se rend compte ainsi que si les constantes  $\gamma_1$  et  $\gamma_2$  ne sont pas de valeur élevée (ce sera encore le cas avec de la haute fréquence), la puissance utile maximum peut même devenir inférieure à la puissance électrique  $P_1$  nécessitée par la création du champ magnétique, pour peu que le coefficient de fuite soit important <sup>(1)</sup>.

» Bien entendu, les choses s'aggravent encore lorsqu'on a affaire à une machine monophasée donnant lieu, comme connu, à des pertes supplémentaires dans le circuit inducteur, et lorsqu'on tient compte des pertes d'énergie dans les condensateurs destinés à compenser les effets de self-induction.

#### *Note annexe B.*

» Pour se rendre compte de la possibilité d'une telle réalisation en se basant sur la loi qui régit la décharge disruptive dans les gaz, l'on se reportera avec profit à la très claire Communication de notre collègue M. Langevin présentée à notre Société en séance du 6 janvier 1906 (voir le *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 3<sup>e</sup> série, t. VI, p. 69).

» La loi de Paschen, valable dans le cas simple de deux plateaux métalliques parallèles, entre lesquels le champ électrique est uniforme (tant que l'étincelle ne s'est pas établie), peut, d'après notre savant collègue, s'énoncer comme suit :

---

<sup>(1)</sup> Une valeur de  $\sigma$  supérieure à 0.5 ne paraît pas invraisemblable, eu égard à la grandeur du rapport  $\frac{\delta}{\lambda}$ , dès que la fréquence s'élève au-dessus de 10 000.

» Pour un gaz donné, le potentiel explosif entre deux plateaux parallèles dépend uniquement du produit de la distance des plateaux par la pression du gaz.

» D'après J.-J. Thomson, on obtient ainsi, par exemple, les nombres suivants pour le potentiel explosif  $V$  dans l'air, en volts, la distance  $a$  entre les plateaux étant exprimée en millimètres et la pression  $p$  en millimètres de mercure.

| $pa.$     | $V.$ |
|-----------|------|
| 1,0 ..... | 2000 |
| 1,5 ..... | 880  |
| 2,0 ..... | 600  |
| 3,0 ..... | 410  |
| 4,0 ..... | 360  |
| 5,0 ..... | 360  |
| 6,0 ..... | 360  |
| 7,0 ..... | 360  |

» Lorsque le produit  $pa$  augmente encore, le potentiel explosif cesse de s'abaisser et se met à remonter de façon continue. Les chiffres ci-dessus montrent qu'avec une distance  $a$  très faible, on peut arriver à réaliser un potentiel explosif élevé, pour une pression réduite.

» Malheureusement il est assez douteux qu'on arrive à surmonter la difficulté provenant du déplacement relatif des armatures du condensateur constituant la machine de la figure 12, le potentiel  $V$  diminuant lorsque  $a$  augmente, pour des valeurs  $pa$  égales ou inférieures à celles données plus haut (cette difficulté est encore aggravée du fait des arêtes des armatures).

» Une autre solution, qui se présente immédiatement à l'esprit, consisterait à augmenter notablement  $p$  en comprimant l'air formant diélectrique, au lieu de le raréfier; mais ceci conduirait vraisemblablement à des pertes par ventilation inadmissibles.

#### *Note annexe C.*

» Désignons par  $e_1$  et  $e_2$  les forces électromotrices instantanées engendrées respectivement à vide par les enroulements  $E_1$  et  $E_2$  de la machine de la figure 18; les condensateurs  $C_1$  et  $C_2$  étant réglés de manière à compenser tout effet de self-induction dans les circuits, les intensités qui circulent dans ceux-ci sont déterminées par les équations simultanées

$$(d) \quad e_1 = R_1 i_1 + M \frac{di_2}{dt},$$

$$(e) \quad e_2 = R_2 i_2 + M \frac{di_1}{dt} + Ri_2,$$

en désignant par  $R_1$  et  $R_2$  les résistances ohmiques apparentes desdits circuits (celle,  $R$ , de l'antenne A étant comptée à part).

» Le problème consiste, en supposant que  $e_1$  et  $e_2$  sont des fonctions sinusoïdales simples de même amplitude, à trouver les conditions pour que les courants  $i_1$  et  $i_2$

possèdent également des amplitudes identiques et soient aussi déphasés de  $\frac{2}{\pi}$  dans le temps; en d'autres termes, moyennant la relation

$$(\alpha) \quad \frac{de_2}{dt} = \Omega e_1,$$

$\Omega$  désignant la vitesse de pulsation commune à  $e_1$  et à  $e_2$ , on doit satisfaire l'égalité

$$(\beta) \quad \frac{di_2}{dt} = \Omega i_1.$$

» Supposons donc le problème résolu, et prenons la dérivée de l'équation (e); elle peut s'écrire :

$$\frac{de_2}{dt} = (R_2 + R) \frac{di_2}{dt} + M \frac{d^2 i_1}{dt^2}$$

ou, en tenant compte des deux égalités ( $\alpha$ ) et ( $\beta$ ) <sup>(1)</sup>,

$$(f) \quad e_1 = (R_2 + R - M\Omega) i_1.$$

» En outre, en combinant ( $\beta$ ) et (d), on obtient

$$(g) \quad e_1 = (R_1 + M\Omega) i_1.$$

» Pour que les égalités (f) et (g) soient satisfaites simultanément à chaque instant, il faut et il suffit qu'on remplisse la condition

$$(h) \quad R_2 + R - M\Omega = R_1 + M\Omega,$$

c'est-à-dire, dans le cas d'une machine idéale ( $R_1 = R_2 = 0$ ) fournissant une fréquence  $\frac{\Omega}{2\pi} = mf$ ,

$$R = 2M\Omega,$$

soit

$$M = \frac{R}{4\pi mf},$$

qui est bien la condition donnée dans le texte de la Communication.

» Les relations (g), ( $\alpha$ ) et ( $\beta$ ) montrent du reste visiblement que  $i_1$  est en phase avec  $e_1$ , tandis que  $i_2$  est en phase avec  $e_2$ .

#### *Note annexe D.*

» Considérons une machine polyphasée d'induction dont les deux organes, stator et rotor, sont reliés à des sources de tensions vectorielles  $U_1$  et  $U_2$ , possédant les fréquences respectives  $\frac{\Omega_1}{2\pi}$  et  $\frac{\Omega_2}{2\pi}$ ; désignons en outre par :

$R_1, R_2$  les résistances vectorielles des deux enroulements;

$L_1, L_2$  leurs self-inductances vectorielles;

(1) D'ailleurs,  $i_1$  et  $i_2$  étant des sinusoïdes pures, on a  $\frac{d^2 i_1}{dt^2} = -\Omega^2 i_1$ .

$I_2$ ,  $I_1$  les intensités efficaces des courants respectifs;

$M = \sqrt{L_1 L_2 (1 - \sigma)}$  le coefficient d'induction mutuelle vectorielle des enroulements statoriques et rotoriques <sup>(1)</sup>.

» Les équations fondamentales vectorielles sont alors

$$(i) \quad \overline{U}_1 = \overline{R}_1 I_1 + \overline{L}_1 \Omega_1 I_1 + \overline{M} \Omega_1 I_2,$$

$$(j) \quad \overline{U}_2 = \overline{R}_2 I_2 + \overline{L}_2 \Omega_2 I_2 + \overline{M} \Omega_2 I_1$$

(les vecteurs  $L_1 \Omega_1 I_1$ ,  $M \Omega_1 I_2$ ,  $L_2 \Omega_2 I_2$ ,  $M \Omega_2 I_1$  sont, comme on le sait, en quadrature avec les courants qui leur donnent naissance).

» Projétons les divers vecteurs de l'égalité (i) sur la direction du courant  $I_1$ ; on obtient immédiatement

$$U_1 \cos \varphi_1 = R_1 I_1 + M \Omega_1 I_2 \sin \alpha,$$

en désignant par  $\varphi_1$  et  $\alpha$  les angles de  $U_1$  et de  $I_2$  avec  $I_1$ .

» En multipliant les deux membres par  $I_1$ , il vient

$$(k) \quad U_1 I_1 \cos \varphi_1 = R_1 I_1^2 + M \Omega_1 I_1 I_2 \sin \alpha.$$

» De même on obtiendra <sup>(2)</sup>

$$(l) \quad U_2 I_2 \cos \varphi_2 = R_2 I_2^2 - M \Omega_2 I_1 I_2 \sin \alpha.$$

» Les équations (k) et (l) permettent d'écrire

$$(m) \quad \frac{U_1 I_1 \cos \varphi_1 - R_1 I_1^2}{\Omega_1} + \frac{U_2 I_2 \cos \varphi_2 - R_2 I_2^2}{\Omega_2} = 0.$$

» D'autre part, le principe de la conservation de l'énergie donne

$$(n) \quad U_1 I_1 \cos \varphi_1 + U_2 I_2 \cos \varphi_2 + P = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2,$$

en désignant par  $P$  la puissance mécanique fournie sur l'arbre du rotor.

» Les égalités (n) et (m) définissent la répartition de l'énergie dans le fonctionnement du convertisseur de fréquence; en posant

$$P_1 = U_1 I_1 \cos \varphi_1 - R_1 I_1^2,$$

$$P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2 - R_2 I_2^2,$$

$P_1$  et  $P_2$  désignant les puissances électriques disponibles, après défalcation des

(1) Pour la notation vectorielle et les valeurs explicites des divers coefficients, voir les études classiques de M. Blondel :

Notes sur la théorie élémentaire des appareils à champ tournant (*Lumière électrique*, t. L, 25 novembre 1893 et numéros suivants).

Propriétés des champs tournants (*Éclairage électrique*, 24 août 1895, p. 364).

(2) La différence des signes pour le dernier terme des égalités (k) et (l) se justifie aisément, quel que soit  $\alpha$ , par le simple tracé des vecteurs  $I_1$  et  $I_2$ , sans construire de diagramme.

pertes <sup>(1)</sup>, on peut les écrire plus simplement

$$(m') \quad \frac{P_1}{\Omega_1} + \frac{P_1}{\Omega_2} = 0$$

et

$$(n') \quad P_1 + P_2 + P = 0.$$

» Dans le cas qui nous occupe, on peut poser, pour la machine de rang  $k$  de la cascade

$$\Omega_1 = (k-1)\omega,$$

$$\Omega_2 = k\omega,$$

on en déduit

$$P_2 = -P_1 \frac{k}{k-1}$$

(le signe négatif indiquant une absorption d'énergie par le réseau de fréquence  $\frac{k\omega}{2\pi}$ ),  
et

$$P = P_1 \frac{1}{k-1}.$$

#### *Note annexe E.*

» On peut mentionner, pour mémoire, que les alternateurs des types représentés par les figures 11 et 12 peuvent être pourvus de circuits résonants multiples, analogues à ceux utilisés dans la machine Goldschmidt, dans le but d'augmenter la fréquence; si l'on se place, par exemple, dans le cas d'une self-inductance variant périodiquement suivant la loi

$$l = L + L_m \sin \omega t,$$

le passage d'un courant  $i$  de fréquence  $\frac{\Omega}{2\pi}$  à travers cette inductance donnera naissance à une force électromotrice  $e = \frac{d(li)}{dt}$  contenant un terme de fréquence  $\frac{\omega + \Omega}{2\pi}$  qui pourra être utilisé après amplification par résonance, etc.

» A notre connaissance cette propriété, également signalée par M. Rudolf Golschmidt, ne semble pas encore avoir été utilisée pratiquement, pas plus du reste que l'application analogue aux machines à condensateur, proposée par M. W. Petersen (celui-ci a également préconisé le montage en cascade de semblables machines). »

---

(1) Les pertes dans le fer sont assimilées ici à une augmentation apparente de  $R_1$  et  $R_2$ , une évaluation plus exacte rendant le calcul inextricable.

### LES TRANSFORMATEURS STATIQUES DE FRÉQUENCE.

M. L. JOLY. — « M. Bethenod, au cours de sa très intéressante conférence, vous a dit un mot des transformateurs statiques de fréquence dont le principe général et la théorie ont été indiqués par mon frère, Maurice Joly, pendant les dernières années de sa vie, de 1909 à 1911.

» Ce dispositif de transformateurs statiques dont il est possible de retrouver une première idée dans certaines publications antérieures d'Epstein (D. R. P., n° 149 761, 1902), et de Léonard et Weber (*L'Éclairage électrique*, 21 juillet 1906), publications dont mon frère n'eut d'ailleurs jamais connaissance, n'avait pas donné lieu jusqu'alors à une étude véritable. Les précurseurs que je viens de signaler n'avaient guère entrevu que le schéma du doubleur, et ils n'avaient pas aperçu la généralité de la solution complète, consignée par mon frère dans son brevet (n° 418 909) de 1910, exposée dans une Note à l'Académie des Sciences (13 et 27 mars 1911) et développée dans son article posthume de la *Lumière électrique* (20 mai 1911), pour la production des fréquences multiples paires ou impaires d'une fréquence déterminée.

» Permettez-moi de vous rappeler ici en quelques mots le principe général des transformateurs statiques de fréquence en citant les conclusions de mon frère.

» La méthode employée pour la multiplication statique de la fréquence consiste essentiellement dans l'emploi de deux transformateurs dont les primaires sont reliés en série et dont les secondaires également disposés en série sont connectés de façon que les forces électromotrices de la fréquence primaire qui y sont induites soient égales et opposées et disparaissent de ce fait. Un tel système alimenté en courant alternatif ne débite aucune énergie lorsqu'on ferme son circuit secondaire, à moins qu'on n'y développe par un procédé spécial des forces électromotrices de fréquence multiple de la fréquence primaire qui ne soient pas à chaque instant égales et opposées dans les deux transformateurs et qui permettent dès

lors la circulation de l'énergie dans l'ensemble du secondaire. Dans le système dont il est ici question, qu'il s'agisse du doubleur ou du tripleur, le procédé employé consiste dans la création d'une dissymétrie magnétique dans les deux transformateurs, soit par l'emploi d'un courant continu (fréquences paires), soit par une différence de perméabilité des deux circuits magnétiques (fréquences impaires).

» L'emploi d'un condensateur disposé en dérivation sur le secon-

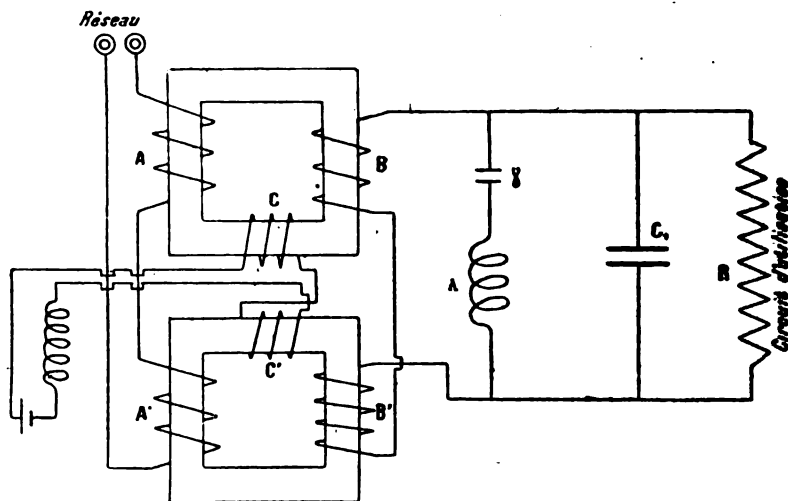


Fig. 1.

daire et réglé de façon à résonner avec la self-induction du secondaire pour la fréquence à obtenir permet d'augmenter d'une façon très importante la puissance des appareils.

» La figure 1 représente le schéma du doubleur, la figure 2 celui du tripleur, dont un des avantages principaux est de ne pas nécessiter de source auxiliaire à courant continu.

» En même temps qu'il énonçait le principe général ci-dessus, mon frère indiquait la théorie mathématique et le calcul complet de ces transformateurs <sup>(1)</sup>, et les premiers essais effectués sur des appareils entièrement déterminés par lui ont fourni une vérification remarquable des résultats annoncés.

» J'ajouterai que ces essais ont pu être effectués grâce à l'appui

(<sup>1</sup>) *Lumière électrique*, 20 mai 1911.



affectueux et aux encouragements précieux que mon frère n'a cessé de recevoir de mon beau-père M. J. Carpentier.

» Dès le début, mon frère avait été surtout hanté par l'idée de la production des ondes de haute fréquence et le premier essai qu'il voulut faire portait sur un transformateur de très faible puissance, dont les enroulements avaient été pratiqués sur un écheveau de fil de fer très fin, et qui était alimenté par un petit alternateur à 10 000 périodes que le commandant Ferrié (actuellement lieutenant-colonel) avait bien voulu mettre à notre dispo-

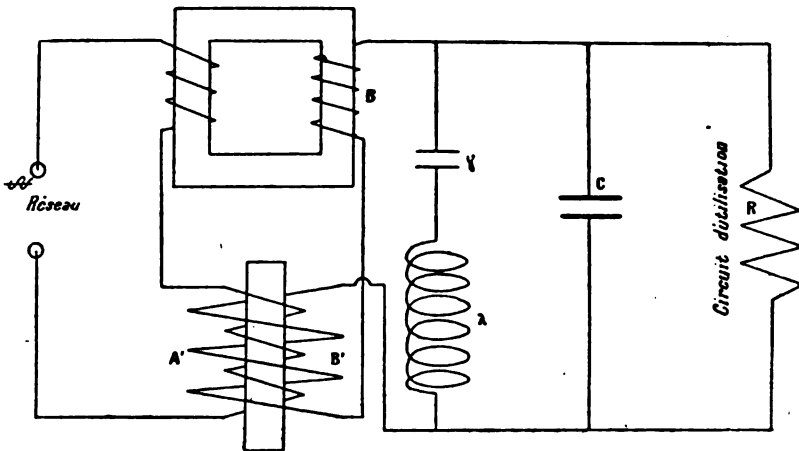


Fig. 2.

sition. Mais devant la difficulté de faire des mesures exactes de puissance et de rendement dans ces conditions, il avait été décidé que nous ferions d'abord les essais à des fréquences plus basses, 500 périodes, puis 50 périodes. Malheureusement, au moment où les appareils correspondants (doubleur et tripleur) furent terminés, la santé de mon frère ne lui permit pas de faire les essais lui-même. Il les dirigeait cependant de son lit avec une clairvoyance véritablement extraordinaire, et il eut la consolation, quelques jours avant sa mort — il avait 29 ans — de voir enfin la vérification expérimentale complète de l'idée qu'il avait conçue.

» Depuis lors, l'idée a fait son chemin, et c'est en haute fréquence surtout que les résultats pratiques les plus importants ont été obtenus. La Compagnie générale de Radiotélégraphie, en France, et la Société Telefunken, en Allemagne, se sont occupées de la mise au point des transformateurs statiques de fréquence pour la pro-

duction des ondes continues à partir des fréquences élevées données par des alternateurs facilement réalisables pour 10 000 et 20 000 périodes.

» En particulier, la Société Telefunken, d'après les renseignements qu'a bien voulu me fournir M. le comte Von Arco, a surtout employé le schéma suivant (*fig. 3*), dans lequel un alternateur de haute fréquence est accouplé à des transformateurs statiques multiplicateurs de fréquence. Le courant alternatif à 10 000 pé-

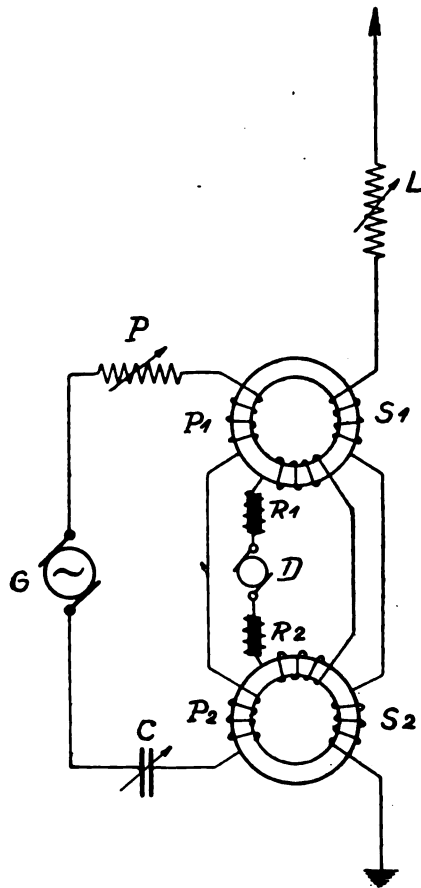


Fig. 3.

riodes que fournit l'alternateur passe dans les enroulements primaires des transformateurs et dans un condensateur destiné à accorder le circuit primaire. Les enroulements secondaires sont disposés en série sur l'antenne et connectés en opposition. L'accord de l'antenne s'obtient par un réglage convenable de la self-induc-

tion en se guidant sur les indications d'un ampèremètre. Les transformateurs présentent chacun un enroulement auxiliaire pour le courant continu, et dans le circuit de ces enroulements sont intercalées des selfs d'arrêt pour la haute fréquence.

» Le plus petit modèle normal construit par la Telefunken se compose d'un alternateur qui fournit du courant à 10 000 périodes pour une vitesse de 3000 tours. Ce courant est amené à l'antenne après triple ou quadruple doublement, suivant l'importance de l'installation. Un doublement triple donne une fréquence de  $8 \times 10\,000 = 80\,000$  et correspond à une longueur d'onde de 3,5 km. Un doublement quadruple donne une fréquence de 160 000 et correspond à une longueur d'onde de 1,8 km. L'alternateur de haute fréquence donne au plus 15 kw et, sur cette puissance totale, il arrive à l'antenne environ 7,5 kw pour une onde de 3,7 km, et environ 5 kw pour une onde de 1,8 km.

» Lorsque tous les circuits sont exactement accordés, l'onde-mètre montre que l'antenne est parcourue par une oscillation absolument pure et non amortie qui, à l'encontre des oscillations produites par les arcs, est absolument impossible à déceler par réception directe au détecteur. Il faut donc, lorsqu'on télégraphie, employer des récepteurs particuliers pour ondes non amorties.

» Le dispositif précédent s'applique très bien à la téléphonie. Un des transformateurs présente un quatrième enroulement par lequel le courant alternatif est conduit à un microphone. Il se produit ainsi une sorte d'action de relais, si bien qu'avec des microphones à charbons ordinaires on peut produire dans l'antenne une variation suffisante.

» Si l'on envoie dans le quatrième enroulement, au lieu du courant du microphone, un courant alternatif musical, cette combinaison donne un émetteur musical amorti qu'une station de réception n'arrive pas à distinguer d'un émetteur à étincelles. Dans ce cas, bien entendu, on peut employer les récepteurs habituels.

» Avec le dispositif décrit plus haut il a été possible, dès juin 1913, d'envoyer de la Station Telefunken de Sayville, près New-York, des télégrammes très lisibles jusqu'à Nauen, c'est-à-dire à 6200 km, — la nuit seulement, bien entendu.

» Avec le même type de machine installé à Nauen et employé

pour la téléphonie, on a pu obtenir une bonne conversation jusqu'à Vienne (600 km) et Pola (900 km).

» D'ailleurs il nous a été dit que, dans des récepteurs fortuitement accordés sur l'onde exacte, les phrases prononcées à Nauen ont été entendues récemment à Archangel, dans le nord de la Russie.

» Une grosse machine de 135 kw, construite d'après le même principe, a été essayée à Nauen. On a ainsi obtenu une puissance de 100 kw dans l'antenne, correspondant à une intensité de 140 ampères dans le conducteur aérien. Avec ce dispositif, on fait depuis quelques semaines des essais entre Nauen et Sayville et l'on arrive à obtenir, la plupart du temps en plein jour, une bonne transmission de texte.

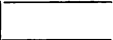
» Tels sont, Messieurs, les renseignements encore un peu succincts que je puis vous donner pour l'instant. Plus tard, j'espère que la question pourra vous être plus longuement exposée par un technicien plus autorisé. Quoi qu'il en soit, je tiens à remercier ici personnellement M. Bethenod de l'hommage qu'il a bien voulu rendre à la mémoire de mon frère, et dont je suis profondément touché. »

#### **SYMBOLES CARTOGRAPHIQUES.**

« A la suite du rapport très documenté préparé par la première Section de notre Comité et présenté par M. Brunswick (*Voir notre Bulletin* de mars 1913, t. III, p. 211), le Ministère des Travaux publics a adopté, sauf quelques légères corrections, les symboles cartographiques proposés par la *Société internationale des Électriciens*.

» Nous donnons ci-après le Tableau synoptique des symboles cartographiques définitifs en recommandant à tous nos collègues de vouloir bien s'y conformer pour les plans et cartes qu'ils seraient appelés à dresser dans l'avenir. »

TABEAU SYNOPTIQUE DES SYMBOLES CARTOGRAPHIQUES (1).

| SIGNES PRINCIPAUX.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A. Usines génératrices ou centrales.</b><br> Thermiques.<br> Hydrauliques.<br> Mixtes.<br><br><b>B. Sous-stations et postes.</b><br><i>Sous-stations.</i><br> a. De transformation avec appareils rotatifs.<br> b. D'accumulateurs.<br><i>Postes.</i><br> a. De transformation avec appareils non rotatifs.<br> b. De sectionnement.<br><br><b>C. Distributions publiques.</b><br> Distributions publiques (Régime des concessions de communes ou de syndicat de communes).<br> Distributions publiques (Régime de la concession d'État). |                                                                                                                                                      | <b>C. Distributions publiques (suite).</b><br> Distributions publiques (Régime de la permission de voirie).<br><br><b>D. Canalisations.</b><br><i>1° Nature des canalisations.</i><br> Aériennes.<br> En caniveau (Conducteurs nus)<br> En câble armé.<br> En caniveau (Conduct <sup>rs</sup> isolés).<br> Trolley aérien.<br> Trolley souterrain.<br><i>2° Nature des supports.</i><br> Poteaux bois (ou pas d'indication spéciale).<br> Supports métalliques.<br> Poteaux en ciment.<br><br><b>N. B.</b> — Dans la plupart des cas, l'indication de la nature des supports sera inutile. |
| SIGNES SECONDAIRES ( PUISSANCE EN KILOWATTS ).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p>( 0<sup>cm</sup>, 5 )</p> <br>De 0 à 1000 exclus.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>( 1<sup>cm</sup> )</p> <br>De 1000 inclus à 10000 exclus.      | <p>( 1<sup>cm</sup>, 5 )</p> <br>10000 et au-dessus.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| $\frac{U}{f}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | $U = \text{tension ;}$ $f = \text{fréquence.}$                                                                                                       | $\frac{50000}{25}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Courant continu.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | C <sup>nt</sup> alternatif simple. 2 ~                                                                                                               | Courant triphasé. 3 ~                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| ( ou pas d'indication spéciale ).<br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2 lignes élémentaires triphasées de 50 <sup>mm</sup> <sup>2</sup> de section par conducteur.                                                         | Courant diphasé. 4 ~                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2 lignes élémentaires à courant triphasé composées chacune de 3 conducteurs de section S <sub>1</sub> et de 1 conducteur de section S <sub>2</sub> . |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

(1) Ces symboles concordent, sous réserve de quelques modifications qui ne soulèvent pas d'objection de la part de l'Administration, avec ceux adoptés par M. le Ministre des Travaux publics.

## RÉSUMÉ DES COMMUNICATIONS ÉTRANGÈRES.

---

**Méthode électrostatique pour mesurer la puissance**, par C. C. PATERSON, E. H. RAYNER  
et A. KINNES (*Inst. Elect. Eng.*, juillet 1913).

Très longue Communication dont il n'est possible de donner dans un résumé que l'esquisse générale. Les auteurs décrivent avec beaucoup de détails les voltmètres et le wattmètre électrostatiques du « National Physical Laboratory » pour les mesures en courant alternatif, instruments grâce auxquels on peut atteindre une exactitude supérieure à 5 : 10 000. Pour mesurer la puissance on applique aux quadrants de l'électromètre une différence de potentiel proportionnelle au courant et en phase avec lui et l'on applique la tension du circuit (ou une fraction connue de cette tension) entre l'aiguille et les quadrants. Aiguille et quadrants sont faits d'un alliage spécial de cuivre et d'aluminium d'une grande rigidité; les cadrans sont munis de dispositifs de réglage; leur diamètre est 12 cm et les fentes ont 0,5 mm de largeur. L'aiguille est faite d'une feuille de 0,015 mm d'épaisseur gaufrée afin d'être plus rigide; elle est suspendue par un fil de bronze phosphoreux de 20 cm de longueur. Comme les quadrants ne laissent qu'un vide de 2 mm, il a fallu prendre un grand soin dans la construction de l'aiguille. A l'exception des cadrans, l'enveloppe et toutes les pièces de l'appareil sont au potentiel de l'aiguille. Les méthodes d'emploi sont décrites d'une façon très complète. Les voltmètres électrostatiques sont du modèle Kelvin-White. Leurs accessoires, tels que les résistances, sont décrits en grand détail. De grandes précautions sont prises au point de vue de l'isolement, les lignes de fuites sont coupées par des conducteurs dont l'isolement aux bobines de résistance peut être éprouvé à chaque instant. Pour les mesures de courant on se sert de transformateurs dont les rapports de transformation sont 1 : 100 et 1 : 200. Les rapports de transformation s'élèvent avec la fréquence, ce qui est dû en partie à la capacité propre du bobinage secondaire. Cet effet peut être neutralisé en donnant une légère charge au secondaire; en procédant ainsi on abaisse à 0,5 pour 100 la variation du rapport entre 50 et 100 périodes. La méthode pour déterminer ces corrections est décrite d'une façon très complète.

### DISCUSSION DE LA COMMUNICATION PRÉCÉDENTE.

Au cours d'une longue discussion, M. A. Campbell traite de la construction de transformateurs pour cet objet et M. J. T. Irwin indique quelques méthodes de mesures. M. Walker préconise l'emploi de transformateurs pour augmenter la tension entre les quadrants ce qui serait utile pour les mesures courantes où l'exactitude peut être un peu moins grande que dans celles qu'ont envisagées les auteurs.

**Distribution de l'énergie électrique dans les grandes villes**, par G. KLINGENBERG  
(*Inst. Elect. Eng.*, 1<sup>er</sup> janvier 1914).

Dans cette Communication, l'auteur essaye d'analyser sous quelles conditions de grandes quantités d'énergie sont fournies à des régions peu étendues et montre comment l'alimen-

tation de Londres en énergie électrique pourrait être avantageusement améliorée si elle était concentrée dans un plus petit nombre de stations génératrices. A cet effet, il établit une comparaison entre les résultats obtenus à Berlin, à Chicago et à Londres en faisant ressortir les particularités de chacun de ces trois cas. La Communication contient ici un grand nombre de courbes, de faits, de chiffres qui ne peuvent être reproduits dans une brève analyse, mais quelques-uns des plus importants peuvent être cités à titre d'exemple. Ainsi l'énergie consommée par tête d'habitant et par an est de 310 kWh à Chicago, 170 à Berlin et 110 à Londres. A Chicago, c'est la traction qui prédomine (70 pour 100); à Londres, c'est l'éclairage (60 pour 100); à Berlin, la force, la lumière et la traction se font équilibre. L'auteur fait ensuite une comparaison entre les frais de premier établissement et les frais d'exploitation: quoique les stations de Berlin soient plus petites, elles fonctionnent plus économiquement que celles de Chicago. Londres a la situation la plus défavorable. L'auteur croit que Chicago est plus favorisé que Londres, parce que dans la première ville de grandes stations centrales peuvent combiner avantageusement leurs charges et surtout parce qu'un réseau entièrement à courant alternatif augmente le rendement de l'ensemble. Si toutes les petites stations existant à Londres étaient remplacées par quelques grandes centrales on ferait une économie de 40 pour 100 sur les frais d'exploitation; d'autre part, le capital à engager devrait être augmenté de 20 pour 100. Trois des plus récentes stations de Londres pourraient rester dans le nouveau système, car elles sont modernes et relativement économiques; mais les 22 autres stations seraient remplacées par une centrale unique de 80 000 kW. L'alimentation se ferait par des câbles traversant Londres et reliés entre eux par des boucles maîtresses à 20 000 V. L'auteur donne un devis estimatif de cette installation, et évalue les frais d'exploitation. Un des points qui demande à être discuté est le choix entre une station centrale sur place, une station peu éloignée, par exemple à 10 milles (16 km) de Londres, et une station située dans les districts miniers avec une ligne à 100 000 V aérienne ou souterraine. L'auteur discute le coût de ces trois solutions, mais ne donne pas son opinion sur sa préférence. La Communication se termine par plusieurs tables se rapportant surtout à des résultats d'exploitation pour Berlin, Chicago et Londres.

#### DISCUSSIONS DE LA COMMUNICATION PRÉCÉDENTE.

M. F. C. Snell pense qu'un certain nombre de stations existant à Londres et qui sont particulièrement bien situées pourraient être agrandies sans trop de frais et que d'autres pourraient être remplacées. Il pense que dans les 10 ans qui vont suivre, Londres aura besoin d'un supplément d'énergie de 150 000 kW et que la machinerie nécessaire pourrait être répartie en une ou deux grandes usines qui pourraient aussi par la suite remplacer les petites centrales. Il pense que la station génératrice dans les districts miniers pourrait être économique, mais il a des craintes pour la continuité du service et se range au choix d'une station à 15 milles (24 km) de Londres. M. S. Z. de Ferranti préfère voir les grandes centrales au bord de la mer ou au bord des rivières à cause de l'installation des condenseurs dont le bon fonctionnement est capital. Il croit que l'aspect de la courbe de charge des usines se modifiera dans l'avenir, la pointe d'éclairage aura une importance secondaire tandis que celles de la force et de la traction seront beaucoup plus marquées. Londres demandera sans doute beaucoup d'énergie pour le chauffage et la cuisine et la solution du problème se trouvera dans des systèmes évitant les pointes et comprenant des dispositifs de réserve thermique. D'après M. W. C. P. Tapper, dans tout système de l'avenir, la distribution devra se faire en courant continu. Dans sa réponse, l'auteur se déclare zélé partisan

du courant alternatif : les distributions qui se font en courant continu devront être transformées graduellement. Tout le système d'alimentation et les extensions du système de distribution doivent être prévus pour le courant alternatif à une tension aussi haute que possible; il est partisan du triphasé à 50 périodes. Les expériences sur le charbon gazéifié faites à Berlin n'ont pas donné de résultat net. La difficulté qu'on rencontre à trouver de l'argent pour les entreprises électriques vient de ce que quelques compagnies souffrent d'avoir trop abaissé leurs tarifs et que par suite la distribution de l'électricité semble ne pas offrir des dividendes suffisants aux capitalistes. Personnellement, l'auteur ne recommande pas la station située dans les districts houillers, mais il préfère laisser la discussion sur le terrain académique où il l'a placée en ne l'envisageant qu'au point de vue mathématique. Si dans l'intérieur des terres l'eau de condensation était une difficulté réelle, on pourrait employer des tours à écoulement; l'expérience de l'Europe continentale montre qu'avec une dépense de 8 £ 10 s. (214 fr) par kW installé on est à l'aise, même dans les cas les plus défavorables. La transmission de puissance se fera avec autant de sécurité d'un point éloigné que d'un point rapproché, pourvu qu'il existe une certaine réserve au voisinage de Londres, ce qui pour longtemps sera probablement le cas.

**Machines à vapeur de mercure**, par W. L. R. EMMET (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, mars 1914).

L'auteur discute au point de vue thermodynamique les avantages de l'emploi de la vapeur de mercure et décrit un appareil d'une puissance de 100 chx sur lequel on se propose de faire des expériences. Les inconvénients de l'emploi du mercure sont : le prix élevé du liquide et les vapeurs nocives qui peuvent empoisonner l'atmosphère. Les avantages sont assez nombreux : 1° on obtient des pressions favorables à des températures aisées à atteindre; 2° la densité élevée permet l'alimentation par gravité et rend aisée l'étanchéité des tiges des valves; 3° aux températures où il sera employé, le mercure est sans action sur l'air, l'eau, le fer, etc.; 4° il n'apporte aucun élément étranger capable d'altérer la surface des chaudières; 5° comme la densité de vapeur est élevée, sa détente dans les turbines n'exige pas de grandes vitesses et permet des simplifications dans ces machines; 6° le mercure ne mouille par les aubes et ne produit donc qu'une faible érosion; 7° le volume spécifique de la vapeur étant faible la hauteur des aubes peut être diminuée, ce qui facilite beaucoup l'établissement des turbines; 8° la chaudière est très petite et très simple. En outre, la chaleur abandonnée par le mercure dans le condenseur peut servir à vaporiser de l'eau, ce qui permettra d'alimenter des turbines à vapeur d'eau ou bien servira à d'autres usages. Des données expérimentales permettent de fixer à 50 \$ (258 fr) le prix du mercure nécessaire pour une puissance de 1 kW.

La fin de la Communication traite d'un projet de grande chaudière pour la vaporisation du mercure. L'auteur pense que le principal avantage de l'emploi du mercure est d'augmenter la capacité des stations actuelles sans qu'il soit nécessaire de les étendre en surface et de construire de nouveaux bâtiments. En employant le chauffage au pétrole, ce système serait aussi économique que l'emploi du moteur Diesel sur lequel il aurait en outre l'avantage d'une plus grande simplicité mécanique.

**Étude économique de l'emploi combiné de l'énergie hydraulique et de la vapeur**,  
par Cary T. HUTCHINSON (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, mars 1914).

Cette Communication développe une méthode pour déterminer la solution la plus économique à adopter dans le cas où une installation doit comprendre une usine à vapeur



pour faire l'appoint de l'énergie qu'une chute trop irrégulière ou insuffisante ne peut fournir d'un bout à l'autre de l'année. La méthode de l'auteur est fondée sur l'emploi de deux courbes dont la première se rapporte au manque de puissance de l'usine hydraulique et l'autre indique la partie de la charge qui dépasse une certaine fraction de la puissance totale à fournir et que l'usine hydraulique ne peut produire. L'emploi de ces deux courbes permet de déterminer la puissance de l'usine à vapeur. Leur usage n'est pas le même suivant qu'il y a ou non une réserve hydraulique permettant de faire face aux variations journalières de la charge. La capacité et le débit de l'usine à vapeur ayant été ainsi déterminés, les dépenses annuelles peuvent être établies. Des exemples numériques sont donnés au cours de la Communication.

**Sur l'opportunité de créer un formulaire de l'American Institute of Electrical Engineers**  
(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, mars 1914).

Un sous-comité de l'A. I. E. E. a examiné la possibilité de créer, à l'usage des membres de cette Institution, un recueil contenant des constantes et des formules utiles. Plusieurs sociétés techniques américaines ont créé de tels formulaires; toutefois, le sous-comité a jugé que pour l'A. I. E. E. cette entreprise était inopportune et a soumis deux autres propositions à la Société : 1° de faire un catalogue méthodique des travaux de la Société; 2° de réunir dans des recueils les travaux ayant trait à certains sujets importants (lignes de transmission, traction, téléphonie, etc.).

M. H. M. Hobart, discutant le rapport précédent, remarque qu'il existe plusieurs manuels (d'ailleurs médiocres) à l'usage des ingénieurs électriciens et propose une entente entre les différentes sociétés d'ingénieurs et les principales librairies scientifiques pour la publication des manuels, aide-mémoires ou formulaires intéressant les différentes branches de la technique. Il préconise aussi de réunir les travaux les plus remarquables sur différentes parties de l'industrie électrique. Il émet le vœu que la collaboration à cette œuvre de l'*Institution of Electrical Engineers* de Grande-Bretagne soit demandée.

**Sur les enregistreurs**, par C. P. STEINMETZ (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, mars 1914).

L'auteur montre combien il est important d'enregistrer les phénomènes qui se passent sur les réseaux électriques et attire l'attention sur la nécessité d'employer des enregistreurs automatiques et non de faire relever les index des appareils à des temps donnés : en cas d'accident, le personnel n'est pas du tout apte à noter la succession des événements (presque toujours trop rapide d'ailleurs) et à observer les faits utiles. Les types d'enregistreurs généralement employés sont : les enregistreurs à disque tournant, les enregistreurs à papier sans fin (ou à film photographique) et les enregistreurs temporaires qui ne fonctionnent que lorsqu'il se produit quelque chose d'anormal. Les appareils à disque tournant donnent un diagramme si ramassé qu'on ne peut les employer pour une suite d'événements rapides; dans le cas des enregistreurs à papier sans fin, si la feuille se déroulait assez vite pour qu'on pût distinguer des fluctuations rapides, la longueur des diagrammes serait telle que ce genre d'enregistrement est impraticable. Dans les enregistreurs temporaires, l'enregistrement est très condensé, quoique convenablement développé et son exactitude au point de vue des temps est très grande, de sorte que la suite des événements peut être

notée à une fraction de seconde près. Aussi ce dernier genre d'instruments semble-t-il à l'auteur propre à enregistrer toutes les opérations courantes de la station centrale.

Cette Communication a été discutée par M. Chas. L. Clarke qui se montre, comme l'auteur, partisan des enregistreurs temporaires et indique un grand nombre de leurs applications.

**Emploi du télégraphe et du téléphone dans l'exploitation des chemins de fer à vapeur,**  
par M. P. CLAPP (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, mars 1914).

Cette Communication débute par un aperçu historique du télégraphe et du téléphone dans les chemins de fer. L'emploi du télégraphe pour le service des trains date de 1851 et celui du téléphone pour le même objet sur les grandes lignes date seulement de 1907. Les avantages et les inconvénients du téléphone et du télégraphe peuvent être résumés de la façon suivante :

*En faveur du téléphone* : tout le monde peut s'en servir, on gagne du temps, la transmission est plus rapide; le téléphone produit un effet psychologique plus grand, une plus grande promptitude à actionner les services; il procure des économies dans l'exploitation et, par le mauvais temps, fonctionne mieux que le télégraphe.

*En faveur du télégraphe* : les circuits sont simples et économiques au point de vue de l'installation et de l'entretien; il est mieux adapté aux longues distances.

Des quatre modes de communication suivants : conversation directe, lettre, message télégraphié ou téléphoné, conversation téléphonique, le dernier n'a pas encore donné tout ce qu'il devrait dans l'exploitation des chemins de fer américains.

**Discussion de la Communication de M. P. M. Lincoln sur la « Relation entre la grandeur des usines génératrices et le prix de l'énergie » <sup>(1)</sup>** (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, février 1914).

M. H. A. Hornor fait observer que des industriels peuvent avoir besoin simultanément de plusieurs formes d'énergie (air comprimé, vapeur, etc.) que l'électricité ne remplace pas pour tous les usages, que dans beaucoup de cas de petites stations installées déjà dans des usines fonctionnent d'une façon satisfaisante, que l'achat de l'énergie au secteur entraînerait parfois des frais de transformation considérables et que cela justifie le maintien de petites stations isolées. Toutefois, il croit que les grandes centrales finiront par triompher et par faire disparaître les installations particulières. M. W. C. L. Eglin pense que les propriétaires de petites installations se leurrent souvent au sujet de l'économie de leur matériel, qu'ils croient toujours d'un aussi bon rendement qu'à l'état de neuf. Il déplore en passant le caractère routinier des Américains et leur propose les Européens comme exemple. Néanmoins, il est aussi persuadé qu'à la longue les stations privées disparaîtront. M. C. O. Mailloux cite de nombreux cas où l'installation isolée s'impose par son économie, mais il constate que le nombre de ces installations va en décroissant. Il attire l'attention sur le fait que les frais de distribution de l'énergie dépassent souvent ceux de la production proprement dite et que cela rend moins avantageux la situation des stations centrales.

Les seuls arguments présentés en faveur des installations isolées ont été tirés de la facilité, d'ailleurs contestée, de combiner une distribution électrique avec le chauffage à vapeur. L'emploi des moteurs à gaz a été à peine envisagé par les différents orateurs.

---

(<sup>1</sup>) Analysée dans le présent *Bulletin*, janvier 1914, p. 109.

**Discussion de la Communication de MM. Langmuir et Orange sur « Les lampes au tungstène à haut rendement »** <sup>(1)</sup> (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, février 1914).

M. B. Taylor expose les avantages de la lampe au tungstène pour les projections. M. W. Howell signale que les lampes de grande intensité noircissent plus vite que les lampes de faible intensité, parce que dans les premières le rapport de l'aire de l'ampoule à l'aire du filament est plus petit que dans les secondes. Il a observé que les ciments employés pour fixer les crampons des filaments causent souvent un noircissage irrégulièrement réparti : M. J. E. Randall établit un classement entre les lampes en les cotant d'après leur rendement initial lorsqu'elles sont conduites à un régime tel qu'elles donnent en 1000 heures 90 pour 100 de leurs bougies-heures théoriques, il donne à la lampe au carbone brut la cote 100; les autres lampes sont alors ainsi cotées : lampe au carbone amélioré, 119; lampe Gem, 149; lampe au tantale, 206; lampe au tungstène ordinaire, 359; lampe au tungstène à haut rendement, probablement plus de 600. M. H. M. Fales fait observer que la disparition des lampes à arc de l'éclairage public est à souhaiter, car les variations de courant dans ces lampes causent des troubles par induction dans les circuits téléphoniques voisins. M. Langmuir, au cours de sa réponse, déclare que dès que l'argon sera produit en grand d'une façon économique, il pourra remplacer avantageusement l'azote dans les lampes. Le papillotement ne se produit que dans les petites lampes; dans les lampes de 6,6 A, il est à peine sensible à 25 périodes; dans les plus fortes lampes, il n'est pas perceptible à l'œil. On a choisi une pression de l'azote un peu plus faible que la pression atmosphérique dans un but de sécurité. On ne gagnerait d'ailleurs presque rien au point de vue du rendement, en augmentant cette pression.

**Convertisseurs synchrones à 60 périodes**, par M. L. P. CRECELLIUS  
(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, mars 1914).

L'auteur décrit quelques commutatrices hexaphasées à 600 V et 60 périodes en usage dans les sous-stations des chemins de fer des environs de Cleveland. Il y a avantage à rendre uniforme la fréquence de toutes les distributions, la fréquence la plus courante aux États-Unis est 60 périodes et son emploi tend à devenir général; elle permet de faire des machines bon marché et d'un haut rendement. Les commutatrices en question sont à pôles de commutation, ce qui permet d'employer un moins grand nombre de pôles principaux et une plus grande vitesse angulaire; mais cela augmente le bruit et, si l'on installait ces machines dans certains endroits, il pourrait en résulter de sérieux inconvénients. Pour diminuer ce bruit, on a enfermé les extrémités de l'armature et mis un bouclier devant les conducteurs terminaux : tout cela a considérablement diminué la ventilation. Les bobines de champ sont compoundées pour maintenir la tension continue et, pour avoir un facteur de puissance voisin de l'unité, les convertisseurs sont surexcités. Pour diminuer l'élévation de température qui aurait pu résulter de la ventilation affaiblie et de l'hyperexcitation du champ, on n'a admis que 3500 A par pouce carré (5,4 A par millimètre carré) dans les conducteurs d'armature pour la puissance maxima normale de la machine; afin de pouvoir démarrer sur le courant alternatif les commutatrices sont munies d'amortisseurs en cuivre connectés de façon à former cage d'écureuil. L'auteur termine en donnant la spécification des machines et le contrat d'achat de l'énergie.

---

(1) Analysée dans le présent *Bulletin*, janvier 1914, p. 109.

**Sur les facteurs qui déterminent des tarifs équitables pour les entreprises d'utilité publique**  
par M. E. COOLEY (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, mars 1914).

L'auteur se propose d'examiner les relations du public avec les compagnies exploitant des industries d'intérêt général (eau, gaz, électricité, téléphone, etc.) et il analyse les frais de première installation et d'exploitation pour en tirer des bases équitables de tarification. L'hostilité qui existe souvent entre le public et la direction de ces compagnies est en grande partie due à l'attitude adoptée dans le passé par ce personnel dirigeant lui-même, qui ne s'est pas suffisamment rendu compte qu'en échange du monopole de fait garanti à son entreprise, il devait s'astreindre à ne réaliser que des bénéfices modérés. D'autre part, le public ignore en général l'importance des capitaux engagés et les frais d'exploitation des entreprises d'utilité publique, ainsi que la répercussion que cela doit avoir sur les tarifs. Il faut en même temps que le capital reçoive une certaine rémunération et que le nécessaire soit fait pour que les services en question fonctionnent d'une façon irréprochable. L'auteur examine l'un après l'autre les nombreux chapitres de dépenses nécessaires à la mise en route d'une entreprise et à son exploitation, l'amortissement du matériel et la dépréciation des immeubles, l'intérêt des obligations et des hypothèques, etc.

**Discussion de la Communication de M. Lee Hagood sur « Les lignes de transmission électrique »** <sup>(1)</sup> (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, mars 1914).

Au cours de cette discussion un certain nombre de questions se rapportant à des cas particuliers ont été posées à M. Lee Hagood. On a cité un contrat déjà ancien où un fournisseur avantageait les consommateurs qui avaient un bon facteur de puissance : un de ces consommateurs avait alors trouvé un bénéfice dans l'emploi d'un moteur synchrone pour tenir son facteur de puissance voisin de l'unité. M. L. P. Jorgensen a fait remarquer qu'on se tient maintenant à la limite des tensions que permet l'apparition des effluves et que les lignes ne pouvant être notablement survoltées, la régulation de la tension du côté de l'utilisation prend un très grand intérêt. M. J. P. Jollyman attire l'attention sur l'importance de capacité des lignes et de leur courant de charge. Les kVA en avance qui proviennent de ce courant de charge sont énormes sur les lignes à très haute tension. Une ligne à 60 000 V prend 18 kVA par mille (11,3 kVA par kilomètre) et une ligne à 100 000 V, 52 kVA par mille (32,5 kVA par kilomètre), de sorte qu'une ligne à 100 000 V de 300 milles (480 km) de longueur contre-balance la puissance magnétisante d'une charge de 21 000 kW avec  $\cos \varphi = 0,8$ . La capacité de la ligne qui est uniformément répartie agit comme un condensateur synchrone placé au bout de la ligne et qui fournirait une puissance moitié moindre. La capacité de la ligne dépend peu de l'espacement des conducteurs.

M. H. W. Crozier est d'avis que des condensateurs synchrones restant constamment branchés constituent une excellente garantie contre les surtensions qui se produisent lorsqu'on ouvre le circuit sur les longues lignes.

**Le chauffage et la cuisine électrique dans la Marine**, par H. J. MAUGER (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, mai 1914).

L'auteur pense que dans une dizaine d'années les hélices des navires seront actionnées par des moteurs électriques alimentés par une sorte de station centrale placée dans le

---

(1) Analysée dans le présent *Bulletin*, mars 1914, p. 328.

bâtiment; les chaudières seront alors chauffées au pétrole. Le développement du chauffage et de la cuisine électriques est lié à ce développement : la source de chaleur sera alors reléguée du côté des chaudières. Le cuirassé américain *Texas* a expérimenté récemment des installations de cuisine électrique qui font augurer pour elles un avenir brillant. La Communication donne des détails sur cet essai. La consommation a été de 1,25 kWh par personne et par repas. Le facteur de charge était de 50 pour 100. L'économie de poids et d'encombrement est considérable, la propreté parfaite et les cuisiniers, affranchis du souci de leur feu, peuvent se consacrer entièrement à la bonne cuisine. On a de plus l'avantage de l'emploi de très hautes températures. Le chauffage électrique supprime les inconvénients des canalisations de vapeur, permet le réglage local de la température et donne, si l'on veut, le spectacle de l'incandescence sans qu'il y ait de flammes. A bord, l'énergie électrique permet encore de chauffer les fers à repasser et les fers à souder; elle a aussi quelques usages thérapeutiques.

**Emploi de l'électricité pour actionner le gouvernail des navires, par H. L. HIBBARD**  
(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, mai 1914).

C'est surtout dans la marine nationale qu'aux États-Unis le développement de l'électricité s'est confiné; les appareils électriques finissent par triompher du matériel à vapeur en dépit du conservatisme traditionnel des gens de mer. C'est la marine nationale américaine qui a fait les plus belles expériences sur l'emploi du gouvernail électrique. Jusqu'aujourd'hui, la manœuvre du gouvernail était effectuée exclusivement par la vapeur, ce qui présentait des inconvénients dont l'électricité a triomphé, procurant par surcroît de nouveaux avantages. L'histoire de cette question montre que différents systèmes ont déjà été essayés : ils avaient des défauts provenant soit de vices d'étude, soit de ce que les appareils n'étaient pas encore assez perfectionnés; mais à l'heure actuelle plusieurs systèmes satisfaisants sont entrés dans la pratique. Le choix des appareils, leurs caractéristiques et leur puissance bien appropriées à leur rôle, ont une importance capitale au point de vue du bénéfice que l'on peut tirer de la commande électrique du gouvernail, problème qui est surtout une question de contrôle. L'auteur donne des détails sur le gouvernail électrique du cuirassé *Texas* avec les éléments du calcul d'une installation de ce genre. Le gouvernail électrique de ce navire fonctionne parfaitement bien et les calculs suivant lesquels il a été établi étaient très exacts. Les résultats obtenus sur plusieurs navires permettent de prédire que l'emploi de moteurs électriques actionnant le gouvernail se généralisera dans l'avenir.

**Transformateur de courant pour très petites intensités, par Edward BENNETT**  
(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, avril 1914).

L'auteur montre que, par l'emploi d'un transformateur de courant dont le rapport de l'intensité secondaire à l'intensité primaire est 100, on peut obtenir des oscillogrammes du courant de charge d'un seul isolateur à haute tension ou de quelques pieds d'un conducteur; ces courants sont de l'ordre de 0,1 à 0,5 mA. Il donne un dessin ainsi que les constantes d'un transformateur étudié pour cet objet. Il discute les équations du transformateur et les méthodes pour établir un projet de ce genre, puis expose les résultats obtenus avec l'appareil qu'il a construit et termine en donnant les oscillogrammes relevés grâce à ce dispositif : étude de l'effluve, des isolateurs à haute tension, du courant de fuite des lampes à vide.

**Quelques applications de l'électricité en médecine**, par M. le Dr P. GROSSMANN  
(*Elektrotechn. Verein*, 19 mai 1914).

1. **RAYONS DE RÖNTGEN.** — Comme source de courant pour les tubes de Röntgen, on se servait, jusque dans ces dernières années, exclusivement de bobine d'induction. Celles-ci ne fournissent pas cependant une tension continue bien régulière comme cela est nécessaire pour un service rationnel, mais une tension alternative avec une pointe de haute tension due à la rupture du circuit primaire; aussi emploie-t-on beaucoup, dans ces derniers temps, comme source de courant pour les tubes Röntgen, un transformateur à haute tension en communication avec un rectifieur de courant à haute tension tournant synchroniquement, qui fournit une tension continue régulière et se trouve ainsi supérieur à la bobine d'induction. On est maintenant en état d'obtenir des photographies Röntgen instantanées avec une durée d'exposition de  $\frac{1}{100}$  de seconde. Le conférencier a décrit et montré un système de rectifieur de courant universel de la Maison Siemens et Halske. Il possède un appareil additionnel qui permet de relever des photographies en utilisant une seule onde avec des durées d'exposition allant jusqu'à  $\frac{1}{200}$  de seconde. L'appareil additionnel permet aussi d'employer des tubes Röntgen avec un petit nombre d'ondes, variable par degrés, si bien que le système d'instruments convient bien aussi pour la thérapeutique. Ensuite le conférencier a décrit et montré un système de bobine d'induction permettant de faire fonctionner en même temps plusieurs tubes Röntgen, système dans lequel les tensions de fermeture sont détournées des tubes par ce fait qu'un commutateur à haute tension tournant synchroniquement avec l'interrupteur à mercure n'établit la communication entre les tubes Röntgen et l'enroulement secondaire de l'inducteur que pendant l'ouverture du courant.

2. **DIATHERMIE.** — Le fait que l'organisme humain est beaucoup moins sensible aux courants à haute fréquence qu'aux courants alternatifs de basse fréquence ou aux courants continus est utilisé pour produire un grand réchauffement dans l'intérieur du corps (diathermie). Dans ce but on mène à travers le corps des courants à haute fréquence d'une intensité allant jusqu'à plusieurs ampères. Le réchauffement peut être poussé si loin qu'il se produit une cuisson des tissus et de cette façon on peut procéder à des opérations chirurgicales. Le conférencier a décrit et montré l'appareil diathermique de la Maison Siemens et Halske.

3. **ÉLECTROCARDIOGRAPHIE.** — Le mouvement du cœur a pour conséquence la production de courants électriques dans le corps humain. Aussi y a-t-il entre un des deux points quelconques du corps humain une différence de potentiel qui se compose d'une tension continue et d'une tension alternative qui lui est superposée et qui est synchrone avec le mouvement du cœur. La courbe de la tension ondulatoire prise entre deux extrémités, par exemple entre les deux mains, permet de tirer des conclusions sur la situation et l'état de santé du cœur. La Maison Siemens et Halske construit un électrocardiographe reposant sur le principe de l'oscillographe, avec lequel on peut obtenir une image exacte de la courbe de ces courants. Cet appareil a aussi été présenté.

**Quelle tournure faudrait-il donner à l'enseignement des mesures électriques**, par G. REVESSI  
(*Elektrotecnica*, 5 mai 1914).

Personne ne doute qu'il ne soit aujourd'hui très important de se demander si nos élèves ne sont pas par hasard accablés par un surmenage excessif, puisque le nouveau règlement

pour les écoles polytechniques, qui a paru depuis peu, est en train de renouveler l'organisation des études; c'est pour cela que l'auteur a bien voulu rechercher les causes de ce malaise et en étudier les remèdes, envisageant surtout le cas particulier de l'enseignement des mesures électriques.

**Quelques données sur le rendement des précipitations au point de vue de l'alimentation des cours d'eau, par G. ANFOSSI (*Elettrotecnica*, 5 mai 1914).**

L'auteur expose et discute les recherches accomplies pendant plus de 20 ans aux lacs artificiels du Gorzente, près de Gênes, dans le but de déterminer pour chaque période pluvieuse le rapport entre la quantité d'eau utilisable et les précipitations, c'est-à-dire le rendement de ces dernières.

Comme conclusion on trouve la loi de variation du rendement moyen pendant les différents mois de l'année et le chiffre du rendement moyen annuel.

**Les schémas des tableaux de distribution de quelques grandes centrales américaines, par R. Norsa (*Elettrotecnica*, 5 mai 1914).**

Dans cet article l'auteur considère les particularités des schémas de quelques grandes centrales des États-Unis (centrales avec double système de barres collectrices et avec interrupteurs sélecteurs sur les générateurs et sur les lignes; centrales avec barre de connexion, et différents groupements des générateurs et des lignes). La tendance moderne est de diminuer la nombre des interrupteurs (surtout des interrupteurs automatiques) d'employer des réactances afin de prévenir les courants excessifs de court circuit et d'abandonner l'usage des interrupteurs automatiques sur les lignes à très haute tension.

**Les installations hydro-électriques de la Scandinavie et l'industrie de la fixation de l'azote atmosphérique, par F. Lori (*Elettrotecnica*, 25 mai 1914).**

Dans la première partie de sa conférence, qui a été publiée dans le numéro du 5 avril 1914, l'auteur, en rendant compte de l'excursion que nombre d'associés de l'A. E. I. ont accomplie l'été dernier en Norvège (ce pays dont l'attrait technique ne le cède en rien à l'exceptionnelle beauté du paysage), s'est surtout occupé des grandes installations hydro-électriques. Dans la deuxième partie, que nous résumons aujourd'hui, l'auteur expose les principes de l'industrie de la fixation de l'azote, il en envisage les difficultés et il indique par quelles voies elles pourra se perfectionner et se répandre.

**Générateur mécanique de rayons X pour chirurgie de guerre, utilisation en campagne, etc., par U. Magini (*Elettrotecnica*, 25 février 1914).**

C'est un appareil pour la production de rayons X au moyen de l'énergie musculaire d'un homme, transportable à la main, et toujours prêt à fonctionner.

Cet appareil a été étudié spécialement pour faciliter le secours des blessés à proximité du champ de bataille, pour contrôler les lésions osseuses, retrouver les projectiles, etc., en ne laissant pas aux blessures le temps de devenir fatales, et, en même temps, en évitant l'encombrement de blessés qui résulte de longs diagnostics exclusivement manuels de chaque blessure.

La caractéristique fondamentale du nouvel appareil consiste dans sa praticité et dans son grand rendement au point de vue radioscopique.

On a monté et connecté entre eux, dans une petite caisse unique, tous les organes qui opèrent la transformation de l'énergie mécanique musculaire en rayons X, de même que tous les organes qui peuvent servir pour les radioscopies de guerre. On élimine, de cette façon, les difficultés techniques et les pertes de temps qu'entraînent le rétablissement et la suppression des liaisons entre les organes lorsqu'ils sont distribués en plusieurs caisses.

**L'installation hydro-électrique du Pescara, par G. SARTORI (*Elettrotecnica*, 5 mars 1914).**

Description de la nouvelle Centrale de la *Società Italiana di Elettrochimica* sur le fleuve Pescara, d'une puissance de 25 000 chevaux, dont l'énergie est transportée à Naples par l'intermédiaire d'une ligne de 185 km de longueur à la tension de 88 000 volts.

**Sur la mesure de la perte de chaleur dans les gaz qui s'échappent d'un appareil de chauffage, par le professeur Stefano PAGLIANI (*Elettrotecnica*, 5 juin 1914).**

L'auteur, après avoir indiqué les diverses formules, tableaux et graphiques proposés pour déterminer les pertes de chaleur dans les gaz qui s'échappent d'un appareil de chauffage, démontre que l'expression rationnelle, donnant des résultats suffisamment exacts pour la pratique, est celle dans laquelle on calcule la perte de chaleur par le volume des gaz de la combustion déduit de la teneur en carbone des charbons employés, et dans laquelle, en dehors des deux grandeurs à déterminer, la température des gaz à la sortie de l'appareil, et leur teneur en acide carbonique, on doit seulement connaître le rapport entre la teneur en carbone et le pouvoir calorifique du charbon. Or, comme le démontre l'auteur, ce rapport présente une valeur caractéristique pour les houilles, pour les anthracites, pour les lignites, pour les cokes, mais aussi presque la même valeur moyenne pour les charbons des diverses provenances de chacune desdites variétés. En introduisant cette valeur moyenne dans ladite expression générale, on obtient des formules particulières pour chacune des variétés de charbon, qui donnent avec une approximation suffisante les pertes de chaleur par la cheminée, en mesurant la température de sortie des gaz et leur teneur en  $\text{CO}_2$ , c'est-à-dire en opérant le contrôle chimique de la combustion.

---



**BIBLIOGRAPHIE.**

---

**Contribution expérimentale et théorique à l'étude de la Commutation dans les dynamos à courant continu**, par M. Alexandre MAUDUIT. In-8°, vii-292 pages. Paris, Dunod et Pinat.

Cet Ouvrage constitue l'une des thèses présentées à la Faculté des Sciences de Nancy par l'auteur. La matière en est déjà connue grâce à la Communication faite par notre confrère en décembre 1912 qui en était un résumé. La thèse proprement dite comprend, outre un aperçu historique de la question, beaucoup de détails, de dispositifs expérimentaux, de développements théoriques qui, mieux encore que la Communication de 1912 mettent en lumière la valeur des travaux de l'auteur et la perfection de ses méthodes. Un certain nombre de figures et beaucoup d'oscillogrammes illustrent cet Ouvrage.

**Nouvelle théorie et calcul des roues-turbines**, par M. H. LORENZ, traduit sur la deuxième édition allemande par MM. ESPITALIER et STREHLER. In-8°, xiv-312 pages, 121 planches. Paris, Dunod et Pinat.

Cet Ouvrage débute par un rappel des principes fondamentaux de l'Hydrodynamique qui n'occupe pas moins de 71 pages : ils sont présentés en vue d'applications aisées aux Chapitres suivants qui traitent successivement des roues radiales et des roues axiales. Le caractère de ce Traité est d'être d'un bout à l'autre une étude mathématique des appareils en question. Toutes les questions concernant le calcul des roues sont traitées analytiquement dans le cas des turbines à eau et à vapeur, des pompes et ventilateurs centrifuges, des turbo-compresseurs, des hélices marines; incidemment l'auteur examine des appareils spéciaux comme la pompe à injection partielle du condenseur Leblanc et la pompe Gaëde.

**Canalisations d'éclairage**, par A. REMAURY, docteur en droit. In-8°, 210 pages. Paris, Dunod et Pinat.

C'est un Ouvrage juridique. Il a pour but d'étudier l'évolution de la jurisprudence, souvent hésitante et confuse dans le passé, en ce qui concerne les nombreux conflits qui se sont élevés et sont appelés à s'élever encore dans l'avenir, entre les compagnies gazières et les compagnies d'électricité. A l'origine il semblait que les monopoles des compagnies gazières fussent aussi inattaquables que contraires au progrès. L'auteur examine par quels moyens les compagnies électriques sont arrivées à leur faire concurrence; à ce propos l'auteur approfondit la question des divers modes d'occupations du domaine public (permission de voirie et concessions). Il retrace les efforts faits par le gouvernement, l'administration et le législateur en vue de réprimer les abus et de résoudre les conflits relatifs aux droits des compagnies exploitantes. Enfin il examine, explique et critique les dispositions de la loi de 1906, actuellement en vigueur, relative aux canalisations d'éclairage sur la voie publique.

## LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

( Suite. )

---

**La Bibliothèque est ouverte aux Membres de la Société, tous les jours  
de 3 heures à 6 heures, excepté les dimanches et jours de fêtes,  
14, rue de Staël.**

### France.

Bibliothèque des Annales des Postes, des Télégraphes et des Téléphones.  
École supérieure des Postes et des Télégraphes :

- 1° *Cours d'application industrielles de l'électricité*, par M. MAUREAU, Paris, librairie de l'École spéciale des Travaux publics, 1914; 1 vol. in-8, broché.
- 2° *Cours de comptabilité et de droit budgétaire*, par M. FERET DU LONGBOIS. *Ibidem*, 1912; 1 vol. in-8, broché.
- 3° *Cours de constructions de lignes télégraphiques et téléphoniques*, par M. LORAIN. *Ibidem*, 1912-1913; 2 vol. in-8, brochés.
- 4° *Cours d'exploitation postale*, par M. FERRIÈRE. *Ibidem*, 1913; 2 vol. in-8, brochés.
- 5° *Cours d'installations télégraphiques*, par M. TONGAS. *Ibidem*, 1913; 2 vol. in-8, brochés.
- 6° *Cours d'installations téléphoniques*, par M. MILON. *Ibidem*, 1913; 1 vol. in-8, broché.
- 7° *Les derniers progrès réalisés en télégraphie*. Conférence par M. TONGAS. *Ibidem*, 1913; 1 brochure in-8. (Don de M. Dennery, directeur de l'École supérieure des Postes et des Télégraphes).

### Étranger.

*Conférences de Radiumbiologie*, faites à l'Université de Gand, en 1913, par MM. Jacques DANNE, Paul GIRAUD, Henri COUTARD, Gaston DANNE, sous les auspices de MM. Jacques DANNE et J. DE NOBELE. Bruxelles, L. SEVEREYNS, 1914; 1 vol. in-8, broché (Ouvrage publié par la Société belge de Radiologie). (Don de M. Jacques Danne.)

### IL Y A TRENTE ANS.

*Juin 1884*. — Indicateurs électriques à distance, par M. E. HOSPITALIER. — Emploi de la balance d'induction Hughes, par M. R. SEQUELA. — Recherches sur la conductibilité de l'air raréfié, par M. le Dr BOUDET DE PARIS.

---

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

# ÉLECTRICIENS.

---

## SOMMAIRE.

Compte rendu de la réunion mensuelle du 1<sup>er</sup> juillet 1914 : Admission de membres titulaires, p. 621. — Membres décédés, p. 622. — Congrès de Lyon, p. 632. — Travaux des Sections, p. 624. — Les nouvelles lampes à incandescence, dites « demi-watt » (M. **Bruder**), p. 635. — Dispositifs particuliers de moteurs à courants alternatifs triphasés à facteur de puissance et à vitesse réglables (M. **Gratzmuller**), p. 640. — Surtensions par câbles souterrains (M. **Boucherot**), p. 641; — Observation (MM. **Léauté**, **Masson** et **Boucherot**), p. 663. — Sur un paratonnerre au radium (M. **Szilard**), p. 669. — Observation (MM. **P. Besson** et **Claude**), p. 686.

INFORMATIONS, p. 688.

RÉSUMÉ DES COMMUNICATIONS ÉTRANGÈRES, p. 689.

BIBLIOGRAPHIE, p. 695.

OUVRAGES OFFERTS, p. 699.

IL Y A 30 ANS, p. 700.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES, p. 701.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS, p. 709.

---

## COMPTE RENDU

DE LA

## RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 1<sup>er</sup> juillet 1914 (1).

---

PRÉSIDENCE DE M. BRYLINSKI.

La séance est ouverte à 20 h 35 m.

Le procès-verbal de la dernière réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts (voir p. 699) et des demandes d'admission suivantes :

---

(1) La Société n'est pas solidaire des questions émises par ses Membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

**Demougeot** (Jacques-Michel-Henri), Ingénieur électricien à la Société anonyme Westinghouse, 42, rue Gide, à Levallois-Perret (Seine). — Présenté par MM. A. Bochet et L. Bochet.

**Douchet** (Florimond-Aristide-Jules), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 64, rue Kléber, à Levallois-Perret (Seine). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

**Maluquer** (Josephi Nicolau), Ingénieur, Chef du Service d'abonnés de Riegos y Fuerza del Ebro, S. A., et Compania Barceloneza de Electricidad, Margenat, 13, à Barcelone-Sarria (Espagne). — Présenté par MM. Guesde et Chopin.

**Michel** (Paul-Émile-Charles), Attaché technique aux Services électriques de la Société du Gaz et de l'Électricité de Marseille, 10, rue Fortuné, à Marseille (Bouches-du-Rhône). — Présenté par MM. Genkin et A. Michel.

**Picard** (Jean), Ingénieur-représentant de la Société alsacienne de Constructions mécaniques de Belfort, 13, rue Grolée, à Lyon (Rhône). — Présenté par MM. Graff et E. Dumont.

**Rateau** (Edmond-Paul), Ingénieur-entrepreneur de travaux publics, 16, rue de Bourdonnais, à Lyon-Vaise (Rhône). — Présenté par MM. E. Dumont et Sorlin.

Ces candidats sont élus membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le PRÉSIDENT fait part du décès de MM. *Bentley*, *Calvé* et *Lucas*; il en exprime les regrets de la Société.

M. le PRÉSIDENT. — « Avant de passer à la suite de l'ordre du jour, je pense qu'il vous intéressera d'avoir quelques renseignements très sommaires sur notre voyage à Lyon. Ce voyage s'est déroulé du 19 au 23 juin inclus conformément au programme que vous avez tous reçu et sur lequel je n'insisterai pas, car tous ceux qui ont pris part au voyage ont encore le souvenir vivant des journées exquises que nous avons passées entre collègues dans les conditions les plus agréables, et il y aurait quelque cruauté envers ceux qui en ont été privés à insister sur l'excellente organisation dont nous avons profité, les nombreuses choses captivantes que nous avons vues, les intéressantes conférences que nous avons entendues, le charmant souvenir que nous rapportons de l'Exposition internationale de Lyon.

» Nous devons tout d'abord de bien vifs remerciements à l'éminent maire de Lyon, M. le sénateur Herriot, qui, après nous avoir très aimablement invités à visiter l'Exposition, nous a fait à son sujet une conférence des plus intéressantes, à M. Béthenod

dont vous avez pu lire dans le dernier *Bulletin* la belle conférence, et à MM. Maréchal, Boissonnas et Saroléa qui ont bien voulu nous exposer avec une grande clarté les caractéristiques des belles installations de la Compagnie du Gaz de Lyon, de la Compagnie générale de Force et Lumière et de la Compagnie lyonnaise des Forces motrices du Rhône.

» Nos collègues de Lyon se sont dépensés sans compter pour nous rendre le séjour à la fois utile et des plus agréables; je leur en exprime ici en votre nom à tous notre plus sincère gratitude.

» Permettez-moi de rappeler que je prends en ce moment le mot « collègues » dans son sens le plus large. Notre voyage était, en effet, commun à notre Société, à la Société des Ingénieurs civils de France et à la Société technique de l'Industrie du Gaz en France. Ceux des membres du Comité lyonnais d'organisation qui ne faisaient pas partie de notre Société et tous les membres lyonnais des trois Sociétés se sont dépensés pour nous sans rechercher si nous étions ou n'étions pas membres des mêmes groupements qu'eux. C'est grâce à eux tous que notre voyage a si parfaitement réussi, et rempli, je pense, son but essentiel qui était de contribuer à établir des relations plus directes et plus suivies avec nos collègues de province. Ne pouvant les nommer tous, je remercie plus spécialement et très chaleureusement en votre nom MM. Boutan, président sortant de la Société technique de l'Industrie du Gaz en France, Godinet, vice-président, et Dumont, membre du Comité lyonnais d'organisation.

» Mais si nos collègues lyonnais méritent notre plus vive gratitude, il est un autre organisme qui le mérite à un égal degré, c'est le bureau de la Société des Ingénieurs civils de France, qui avait bien voulu, pour éviter les doubles emplois et les fausses manœuvres, assumer toute la tâche matérielle de l'organisation à faire à Paris. Je tiens à leur exprimer également et plus spécialement à M. H. Gall, président, qui, par suite de circonstances particulières, a eu seul la charge de présider les réceptions officielles, et à M. de Dax, secrétaire administratif, notre plus chaleureuse reconnaissance.

» Je me trouve, après les paroles trop flatteuses qu'a prononcées M. Gall à Chambéry, quelque peu embarrassé pour exprimer nos

remerciements aux dames qui ont bien voulu affronter les fatigues du voyage et rehausser de leur grâce l'éclat de nos festivités. Qu'elles soient bien persuadées cependant que nous leur gardons une sincère et profonde reconnaissance pour le vif plaisir que nous avons trouvé à leur société et que nous sommes encore sous le charme de leur présence.

» Pour me résumer d'un mot, l'expérience tentée cette année a réussi à la perfection; ce succès engagera sans doute le Bureau et le Comité d'administration à récidiver les années prochaines et nous verrons s'établir ainsi entre le noyau de Paris et nos collègues de province des liens personnels qui étaient un peu lâches jusqu'à l'an dernier. »

M. le PRÉSIDENT ajoute quelques mots sur les travaux des Sections.

Le 5<sup>e</sup> Section s'est réunie le 23 juin et a entendu une intéressante conférence de M. Milon, ingénieur des Télégraphes, sur la téléphonie automatique. Cette conférence s'est malheureusement trouvée avoir lieu pendant le voyage à Lyon.

La 6<sup>e</sup> Section s'est réunie avant-hier sous la présidence de M. Laporte, remplaçant M. Broca empêché, et a entendu une très intéressante conférence de M. Jouaust sur l'état actuel de l'étude et de la théorie du magnétisme.

La 4<sup>e</sup> Section s'est réunie hier sous la présidence de M. de Valbreuze. Une intéressante Communication de M. Broussousse sur les appareils de prise de courant aériens pour la traction électrique sur les chemins de fer a été entendue et discutée.

Puis, M. Parodi a donné quelques renseignements fort intéressants sur les essais de traction à 3600 volts continus du Lancashire and Yorkshire Railway.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

**LES NOUVELLES LAMPES A INCANDESCENCE DITES « DEMI-WATT ».**

M. Ph. BRUDER. — « Messieurs, dans les lampes à incandescence, l'énergie électrique est transformée en énergie radiante et la partie visible de ces radiations (c'est-à-dire le rayonnement lumineux perçu par notre œil) est d'autant plus grande que la température du corps incandescent est plus élevée. En d'autres termes, la consommation spécifique, en watts par bougie, diminue à mesure que la température du corps incandescent augmente.

» Cette particularité est connue depuis l'origine des lampes et ce n'est pas le désir de pousser la température qui a fait défaut aux constructeurs, mais ils se sont heurtés en cela à une difficulté extrême qui n'a pas permis aux progrès de se réaliser autrement que petit à petit. Cette difficulté réside dans la volatilisation ou sublimation du corps incandescent dans le vide sous l'influence des hautes températures. (Le charbon qui, à la pression atmosphérique, commence seulement à se volatiliser vers 4000°, se volatilise déjà notablement dans le vide à moins de 2000°.) On peut dire que c'est ce phénomène qui a assigné les limites de la température du filament.

» En effet, la volatilisation augmente très rapidement avec la température du filament et provoque non seulement sa rupture, mais encore auparavant un noircissement de l'ampoule.

» Les particules détachées du filament sont projetées contre les parois de la lampe, où elles forment une sorte de précipité noirâtre.

» La présence de ce précipité a pour premier inconvénient d'absorber une partie de la lumière rayonnée. Lorsque la baisse de lumière ainsi provoquée atteint 20 pour 100 de l'intensité lumineuse initiale, la lampe est considérée comme hors d'usage.

» D'après ce qui précède, le but du constructeur a été, dès le début, de réduire la volatilisation afin de pouvoir augmenter le plus possible la température et améliorer ainsi le rendement de la lampe.

» Les premières lampes à filament de charbon, faites par Edison

en 1879, consommaient 4,5 watts par bougie, mais déjà au milieu de 1880 on était parvenu à réduire la consommation à 4,0 watts par bougie.

» Vers la fin de la même année, on réussit à faire des lampes de 3,5 watts par bougie en recouvrant d'une couche de charbon graphitique la fibre de bambou carbonisé, ce qui eut pour effet d'augmenter sensiblement le pouvoir rayonnant du filament de carbone. Le dépôt était obtenu en chauffant électriquement le filament de charbon brut dans une atmosphère d'hydrocarbures, par exemple dans des vapeurs de benzol. Au contact du filament incandescent, l'hydrocarbure était décomposé et le carbone déposé finement divisé à l'état graphitique sur le filament.

» Une autre amélioration fut réalisée en remplaçant la fibre de bambou servant de support à la couche graphitique par un support plus homogène obtenu en partant de cellulose amorphe telle que le collodion.

» En 1903, Howell réussit, par un procédé de carbonisation spécial, à abaisser la consommation spécifique des lampes à filament de carbone jusqu'à 2,5 watts par bougie Hefner. Le procédé d'Howell consistait à chauffer très fortement les filaments préalablement carburés dans un four électrique spécial à une température atteignant et même dépassant 3000°. Les filaments ainsi traités sont connus aussi sous le nom de « filaments de carbone métallisés ». Si cette invention avait été faite 10 ans plus tôt, elle aurait été très conséquente, mais ces nouvelles lampes ne purent pas prendre une place importante sur le marché, tout au moins en Europe, où la lampe à filament métallique avait déjà commencé sa marche triomphale.

» Jusqu'à présent je vous ai parlé de progrès réalisés par des procédés spéciaux de fabrication du filament et l'on peut se demander si l'on n'a pas fait des efforts dans d'autres sens pour améliorer le rendement de la lampe de carbone. En réalité, on a cherché dans tous les sens, et le nombre de demandes de brevets qui ont été déposés forment légion. Mais de tout cela il est résulté peu de choses et les progrès réalisés en dehors de ceux que je vous ai déjà indiqués concernent exclusivement la fabrication à bon marché de la lampe.



» Cependant il convient de rappeler ici les efforts qui furent faits dans le but d'empêcher la volatilisation du filament.

» Parmi les différents procédés qui furent essayés, l'un nous intéresse ici particulièrement : c'est le remplissage de la lampe avec un gaz inerte à une pression relativement élevée (allant jusqu'à la pression atmosphérique et même au delà). Ce furent des remplissages d'azote, d'argon, de vapeurs de mercure, ou des mélanges de ces gaz et vapeurs qui furent proposés.

» L'idée était belle, mais elle ne se laissa pas mettre en pratique, car les pertes calorifiques du filament provoquées par la conduction des gaz ou vapeurs, et les effets de convection abaissèrent le rendement de la lampe très sensiblement au lieu de l'améliorer.

» D'autres essais furent faits dans un tout autre sens. On sait que, malgré tous les soins employés au pompage, il subsiste dans les lampes des résidus gazeux, qui, pour la plupart, sont électropositifs, tel que l'hydrogène. On proposa donc de remplacer ces résidus par des quantités infimes de gaz électronégatifs, tels que l'oxygène, le chlore, le brome et l'iode. En effet, en présence de gaz électronégatifs, la volatilisation est plus faible, mais de petites quantités de ces gaz ne se maintiennent pas dans la lampe d'une façon durable; ils sont au contraire absorbés au bout de peu de temps. Ce procédé resta donc infructueux.

» Ce ne fut vraiment que par l'introduction de métaux difficilement fusibles, tels que l'osmium, le tantale et le tungstène, que le rendement put être fortement amélioré. L'emploi des premiers métaux permit d'abaisser la consommation spécifique à 1,5 watt par bougie Hefner, puis en utilisant le tungstène l'on obtint 1,0 watt par bougie, en même temps que la durée était fortement augmentée.

» Mais ces lampes périssent au bout d'un certain temps pour la même raison que celles à filament de charbon, c'est-à-dire par volatilisation de la matière incandescente. Tous les essais faits dans le but d'empêcher cette volatilisation, ou tout au moins de la rendre inoffensive, furent longtemps infructueux. En 1909 seulement, reprenant l'idée de contrarier la volatilisation avec l'aide des gaz électronégatifs, on réussit à obtenir un résultat pratique en faisant dégager ces gaz, d'une façon continue, au

moyen de produits introduits dans la lampe et qui se décomposent lentement lorsqu'elle est allumée.

» On peut expliquer l'effet bienfaisant des gaz électronégatifs au point de la volatilisation du filament de la manière suivante :

» Les gaz dits « électronégatifs » sont capables d'émettre des ions négatifs en grande quantité. D'autre part, il se dégage du tungstène incandescent et des fils adducteurs des gaz électropositifs, parmi lesquels on trouve en première ligne l'hydrogène; ces gaz sont chargés de préférence positivement. En outre, les particules de tungstène volatilisées sont aussi chargées d'ions positifs. Si l'on fait dégager des gaz électronégatifs dans la lampe, on obtient en quelque sorte une neutralisation des deux charges électriques et il s'ensuit que la volatilisation se trouve diminuée.

» A côté de ce phénomène, il faut aussi mentionner que les gaz précités, l'oxygène et les halogènes, forment avec les particules de tungstène volatilisé des composés incolores qui peuvent se déposer sur l'ampoule sans nuire à sa transparence.

» Il faut bien considérer que ces théories ne subsistent que pour les lampes où l'on a fait le vide et dans lesquelles les gaz dont il est fait mention n'existent qu'à l'état de traces.

» De cette façon, on peut faire des lampes consommant seulement 0,8 watt par bougie environ. Cependant, cela n'est possible que pour de fortes intensités à partir de 1,5 ampère, car, dans les lampes de plus faibles intensités, les filaments, à cause de leur faible diamètre, sont trop fortement attaqués par les gaz.

» Pendant quelque temps on pensa qu'il n'était plus possible d'abaisser encore la consommation spécifique, cependant on y réussit enfin en reprenant l'idée de remplir les lampes avec des gaz inertes sous une pression assez élevée. On sait que les premiers essais furent vains, les pertes par conduction et par convection étant dans ce cas si grandes qu'il faut employer une énergie beaucoup plus considérable pour maintenir le filament à la même température que dans le vide. Des recherches récentes ont montré que ces pertes calorifiques dépendent des dimensions et de la forme du corps lumineux. Le corps incandescent abandonne de sa chaleur à la couche gazeuse qui l'environne. Cette couche chauffée élève à son tour la température de la couche voisine, et ainsi de suite. De

cette manière la chaleur est transmise au loin. Ce sont les pertes par conduction. Il faut considérer, en outre, que les couches gazeuses, aussitôt chauffées, se mettent en mouvement vers le haut de la lampe et sont remplacées par des couches plus froides, ce qui a pour effet d'augmenter les pertes de chaleur : c'est le phénomène de convection. D'autre part, on peut considérer, au lieu d'une série de couches superposées du gaz conducteur, une seule couche moyenne portée à une température déterminée; cette couche est seulement capable de transporter ou conduire une certaine quantité de chaleur et, si l'on parvient à réduire son étendue, on réduit en même temps la perte totale de chaleur. Il a été déterminé que cette couche hypothétique a un diamètre de la grandeur de 1 mm environ.

» Si le filament est long et mince, comme ce fut jusqu'ici le cas des lampes à filaments métalliques ordinaires, il y aura sur toute la longueur du filament étendu, de la chaleur transmise par la couche hypothétique. Mais si l'on réussit à placer à l'intérieur de cette couche un corps incandescent de même surface rayonnante, mais plus court, la perte de chaleur se trouve réduite, non pas tout à fait proportionnellement à la diminution de longueur, mais presque proportionnellement. Le problème ainsi posé fut résolu en ce sens que l'on rassembla les filaments précédemment étendus, sous des formes ramassées, qui se trouvèrent alors enveloppées par une couche plus petite de gaz conducteur.

» La meilleure solution donnée jusqu'ici consiste à enrouler le filament sous forme d'hélice à spires très rapprochées. Si l'on enroule un filament en hélice, de telle façon que la hauteur de l'hélice soit par exemple égale seulement à la dixième partie de la longueur du fil, la perte de chaleur est réduite, non pas à un dixième, mais à environ un septième de la perte dans le cas du filament étendu.

» La nouvelle invention consiste par conséquent principalement à utiliser l'action des gaz inertes sous pression contre la volatilisation du filament et à limiter en même temps leur action nuisible au point de vue pertes calorifiques. Ce sont ces deux principes qui caractérisent les nouvelles lampes.

» Les lampes ainsi constituées remplies d'azote ou d'argon

(« la lampe Osram » emploie en effet depuis assez longtemps l'argon pour le remplissage de certains types de lampes), à une pression telle qu'elle soit égale à peu près à la pression atmosphérique lorsque la lampe est allumée, peuvent supporter une consommation d'environ 0,5 watt par bougie Hefner, sans qu'il se produise une forte volatilisation du filament. Naturellement il n'est pas possible d'éviter entièrement la volatilisation; toutefois elle est très faible et les particules détachées du filament sont entraînées par les gaz chauds ascendant vers le col de la lampe et se déposent au-dessus du corps incandescent, de telle sorte que la partie inférieure de l'ampoule reste indemne de tout dépôt, même après une durée de plus de 1000 heures. Il en résulte que la constance de l'intensité lumineuse et la durée de la lampe sont très grandes, et l'on peut compter sur 800 heures de fonctionnement et même davantage avant que l'intensité lumineuse se trouve réduite de plus de 20 pour 100 par rapport à l'intensité primitive. Le plus souvent, la baisse de l'intensité lumineuse est sensiblement plus faible et les lampes ayant fait preuve d'une durée double ne sont pas des raretés.

» D'après les particularités de ces lampes que je viens de décrire, on ne s'étonnera pas que leur fabrication reste limitée à des types de fortes intensités lumineuses pour les tensions usuelles des secteurs.

» Les lampes Osram « demi-watt » courantes sont faites actuellement pour les intensités et tensions suivantes :

| Bougies. | Volts.  | Dimensions en millimètres. |          |
|----------|---------|----------------------------|----------|
|          |         | Diamètre.                  | Hauteur. |
| 300      | 50-130  | 100                        | × 185    |
| 400      | 50-130  | 120                        | × 205    |
| 600      | 50-230  | 120                        | × 270    |
| 1000     | 50-230  | 150                        | × 300    |
| 1500     | 50-230  | 170                        | × 320    |
| 2000     | 100-260 | 170                        | × 320    |
| 3000     | 100-260 | 200                        | × 360    |

» Naturellement il est possible de faire aussi des lampes de plus faible intensité, mais on est alors forcé de prendre des filaments plus courts, c'est-à-dire réduire le voltage.

» Il n'est pas possible de dire maintenant si l'on pourra, par la suite, faire des lampes « demi-watt » de faible intensité, par exemple de 50 bougies et au-dessous, pour le voltage des secteurs, car il ne faut pas jouer au prophète; cependant cela paraît bien improbable d'après les principes actuels des lampes « demi-watt ». Il faut considérer toutefois que depuis l'apparition des premières lampes (dont l'intensité lumineuse était alors au minimum de 1000 bougies sous 110 volts) des progrès notables ont été réalisés.

» Je désirerais ouvrir ici une petite parenthèse et vous dire deux mots d'un perfectionnement qui s'est produit il y a trois ans dans les lampes à filaments métalliques et sans lequel il ne serait pas possible de faire aujourd'hui des lampes « demi-watt ». C'est le remplacement de l'ancien filament de tungstène pressé par le filament étiré. Le premier était excessivement cassant et fragile et n'aurait pas pu être façonné en petites hélices à pas rapprochés, qui sont nécessaires pour les lampes « demi-watt ». On sait que les anciens filaments étaient obtenus en partant d'une poudre métallique mélangée à un liant, de façon à former une pâte épaisse dont on tirait des fils excessivement fins en la pressant sur des filières en diamant. Ces fils étaient ensuite carbonisés, puis réduits, et l'on obtenait ainsi un filament métallique dont la fragilité était extrême. On est heureusement parvenu à produire du tungstène métallique ductile qu'on peut étirer à travers des filières jusqu'à un diamètre d'environ  $\frac{1}{100}$  de millimètre. Ces fils présentent une résistance incomparablement supérieure à celles des anciens filaments en regard desquels on peut les dire vraiment « incassables ». Ils se laissent enrouler sur de très petits diamètres et les hélices qui doivent être formées pour les lampes « demi-watt » sont faites sans difficulté.

» On fait aussi des hélices encore plus fines, invisibles à l'œil nu, avec des filaments très fins pour la fabrication de lampes de fantaisie.

» En employant des filaments droits, il n'était pas possible de diminuer les dimensions des ampoules à cause de la grande longueur de filament qui devait y être logée. En enroulant un filament en hélice on peut réduire sa longueur apparente de 4 à 5 fois, ce qui a permis de faire des lampes à filament métallique de forme

flamme, sphérique ou autres, aussi petites que celles à filament de charbon.

» Je vais vous faire voir maintenant, en projection, l'aspect d'un ancien filament pressé (*fig. 1*). Vous voyez sa structure cris-

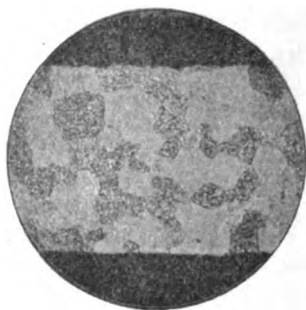


Fig. 1. — Coupe longitudinale d'un filament pressé.

talline, dénotant son manque de cohésion; voici maintenant, en projection, un filament étiré (*fig. 2*), il n'est pas besoin d'insister et l'on se rend compte immédiatement de son homogénéité.

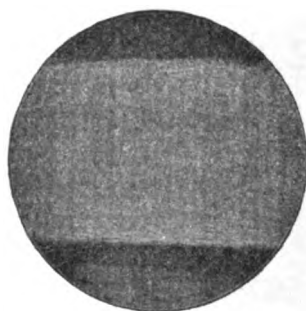


Fig. 2. — Coupe longitudinale d'un filament étiré.

» Je voudrais maintenant vous montrer, par quelques expériences, les différentes étapes de la fabrication des lampes à incandescence.

» J'ai déjà dit tout à l'heure que le rendement d'une lampe dépendait essentiellement de la température de son filament. D'après Pirani, la température du filament de carbone d'une lampe consommant environ 3,5 watts par bougie Hefner est de 1900° absolus, et celle d'un filament de tungstène d'une lampe consommant 1 watt, environ 2100°.

» Sur ce support j'ai ici une lampe à filament de carbone de 3,5 watts; d'autre part, j'ai monté ici plusieurs lampes Osram qui sont toutes de la même intensité lumineuse, soit 16 bougies, mais dont la consommation spécifique varie de 3,5 à 1,0 watt (ce dernier wattage étant le wattage normal actuel de ce type de lampe). Toutes ces lampes sont des lampes à vide comme les lampes courantes et doivent vous montrer comment la couleur de la lumière varie suivant la consommation spécifique, c'est-à-dire suivant la température. Ces variations s'étendent de la lumière jaune à une lumière presque blanche. Vous pouvez vous rendre compte que la lampe de 1,0 watt, quoi qu'elle soit de même intensité lumineuse que celle de 3,5 watts, paraît plus forte que les autres à cause de la couleur plus blanche de sa lumière.

» Je vais encore allumer ici une lampe de 16 bougies, mais consommant seulement 0,8 watt par bougie et dont la lumière, à cause de la température plus élevée du filament, paraît encore plus claire.

» Nous venons de caractériser l'état de la fabrication des lampes jusqu'à une époque toute récente; parlons maintenant du présent.

» Je veux vous montrer tout d'abord comment une lampe de 1,0 watt par bougie se présente par rapport à une lampe de 0,5 watt dans le vide. Cette lampe est d'une intensité de 100 bougies à 1,0 watt; cette autre est de même intensité lumineuse, mais à 0,5 watt. Cette dernière lampe ne peut durer que peu de temps, parce que c'est simplement une lampe ordinaire de 16 bougies poussée jusqu'à 100 bougies; au bout d'une heure ou deux, elle sera noire, et peut-être, après 5 ou 6 heures, elle sera morte. Vous voyez la différence dans l'éclat de la lumière; tandis que la lampe ordinaire de 1 watt donne sa lumière bien connue, la lampe surchauffée de façon à ne consommer que 0,5 watt émet des rayons d'un éclat tout spécial.

» Occupons-nous maintenant des nouvelles lampes « demi-watt ». Je vais vous montrer l'effet résultant de la disposition du filament en hélices par rapport au filament étendu.

» J'ai ici deux lampes remplies d'azote. Ces deux lampes sont réunies par des tubes de verre. Par conséquent, nous avons bien dans chacune d'elles le même gaz sous la même pression. Les

filaments de ces deux lampes sont de la même longueur, du même diamètre et pris sur la même bobine. Ils sont donc pratiquement identiques. Cependant, l'un d'eux est enroulé en hélices, tandis que l'autre est monté étendu suivant deux parties en forme de V. Ces deux lampes sont en série; or, tandis que le filament en hélices donne une belle clarté, le filament droit reste beaucoup plus sombre et rougit à peine. Cela montre précisément la différence des pertes calorifiques qui sont plus petites pour l'hélice parce qu'elle offre une plus petite surface à la conduction. La lampe avec filament droit brûle au régime de 4 watts par bougie, tandis que la lampe avec filament enroulé en hélices travaille au régime de 0,5 watt par bougie lorsqu'elle est sous tension normale. On pourrait aussi brancher ces lampes séparément et, après avoir réglé le voltage de chacune d'elles de façon à les amener à la même intensité lumineuse, mesurer l'énergie absorbée par chaque lampe. On trouverait une différence considérable.

» Voici en projection une lampe de 1000 bougies 110 volts (*fig. 3*).



Fig. 3. — Lampe Osram « demi-watt » de 1000 bougies, 110 volts.

» Vous voyez comment les petites hélices sont arrangées comme des guirlandes circulaires et combien le filament occupe un espace restreint. On a donné à la lampe un long col afin de tenir le pied le plus éloigné possible de la partie productrice de chaleur.

» L'intensité lumineuse des lampes « demi-watt » est indiquée d'une façon un peu différente que celle des lampes à incandescence



ordinaires. Tandis que, jusqu'à présent, on avait considéré, comme terme de comparaison, l'intensité moyenne horizontale, on rapporte les nouvelles lampes à l'intensité moyenne hémisphérique inférieure, et ceci parce que ces lampes viennent en concurrence avec les lampes à arc et les lampes intensives à gaz surpressé, pour lesquelles les intensités lumineuses sont indiquées de cette façon.

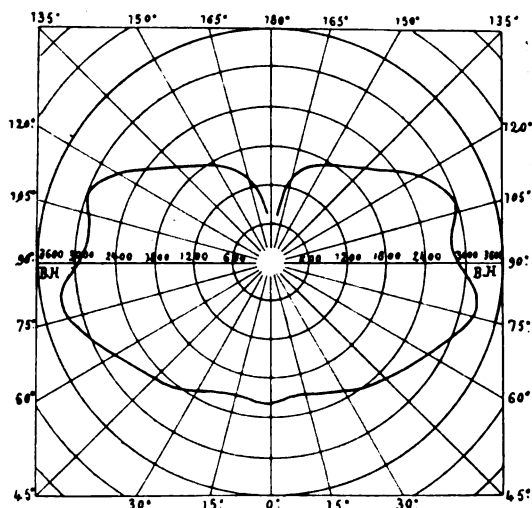


Fig. 4. — Courbe de répartition lumineuse dans un plan vertical d'une lampe Osram « demi-watt » de 3000 bougies, 215 volts, lampe nue sans monture.

» Toutefois, pour faire une comparaison scientifique, on doit considérer l'intensité moyenne sphérique parce que cette dernière représente seule toute la lumière émise par la lampe.

» Dans les lampes Osram « demi-watt », le rapport de l'intensité moyenne sphérique à l'intensité moyenne horizontale est d'environ 0,9, tandis que ce rapport est en général de 0,8 pour la plupart des lampes usitées jusqu'à présent.

» La consommation spécifique par bougie Hefner, par rapport à l'intensité moyenne horizontale, est de 0,5 watt, et par rapport à l'intensité moyenne hémisphérique inférieure, environ 0,55. Cette valeur peut naturellement varier un peu suivant la disposition des filaments. Dans le cas de filaments disposés avec de longs festons, elle peut atteindre 0,6 watt, tandis qu'elle sera plus favorable pour les lampes où les festons seront plus courts, mais en plus grand nombre.

» Les indications de l'intensité lumineuse, rapportée à l'intensité moyenne hémisphérique inférieure, s'entendent comme pour les

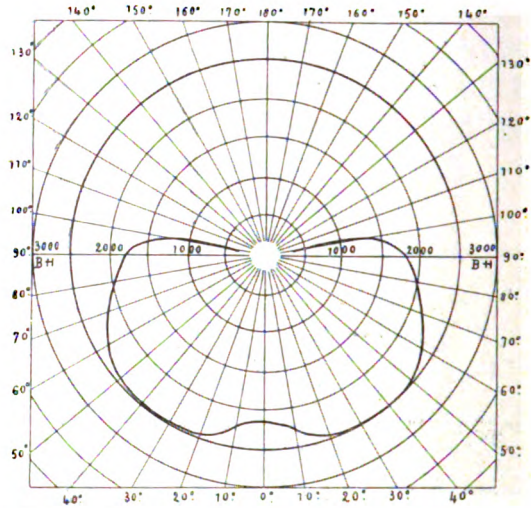


Fig. 5. — Courbe de répartition lumineuse dans un plan vertical d'une lampe Osram « demi-watt » de 2000 bougies, 110 volts, avec armature et réflecteur, mais sans globe.

lampes à arc, c'est-à-dire la lampe étant placée dans sa monture (armature), mais sans réflecteur.

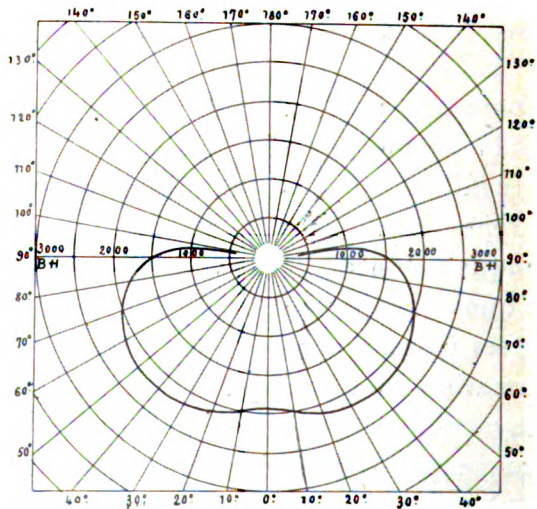


Fig. 6. — Courbe de répartition lumineuse dans un plan vertical d'une lampe Osram « demi-watt » avec armature et globe opalin.

» En adaptant des réflecteurs spéciaux, on peut encore améliorer la consommation spécifique par bougie rapportée à l'intensité

moyenne hémisphérique inférieure. Cette consommation pourra de cette façon descendre sensiblement au-dessous de 0,5 watt par bougie Hefner.

» Je vous présente ici une courbe montrant la répartition lumineuse dans un plan vertical, il s'agit d'une lampe nue sans monture (*fig. 4*).

» Voici, d'autre part, une courbe de répartition lumineuse dans un plan vertical, d'une lampe dans sa monture, mais sans globe (*fig. 5*).

» Puis même courbe d'une lampe dans sa monture avec réflecteur et globe opalin (*fig. 6*).

» En adaptant des réflecteurs convenables, on peut faire varier la forme de la courbe.

» Voici celle obtenue pour réaliser l'éclairage d'une place (*fig. 7*).

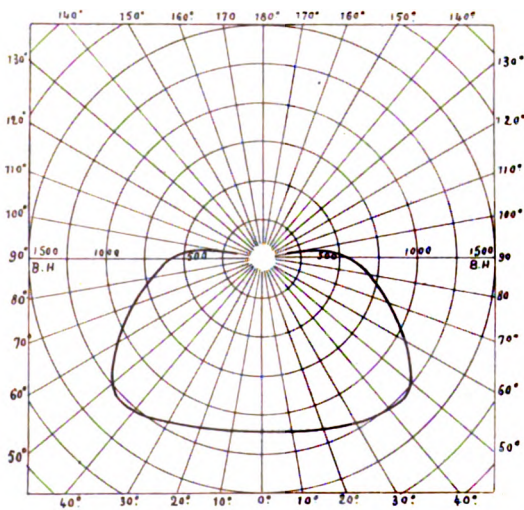


Fig. 7. — Courbe de répartition lumineuse dans un plan vertical d'une lampe Osram « demi-watt » avec armature pour éclairage de place.

» Maintenant voici une autre courbe pour un éclairage de rues avec lampes placées à grande distance les unes des autres (*fig. 8*).

» Il vous intéressera sans doute de vous rendre compte des variations de l'intensité lumineuse des lampes « demi-watt » au cours de leur durée. La projection montre les courbes des intensités lumineuses de lampes ordinaires de 1,1 à 0,5 watt. Ce sont les lignes pleines du diagramme (*fig. 9*). On peut se rendre compte, par ces courbes, combien la durée des lampes ordinaires se trouve dimi-

nuée lorsqu'on les fait travailler à un wattage moins élevé. La courbe en pointillé montre la variation de l'intensité lumineuse d'une lampe « demi-watt » pendant une durée de 1000 heures et vous pouvez voir qu'elle se rapproche beaucoup de la courbe des lampes ordinaires de 1,0 watt par bougie.

» Je voudrais encore vous parler de l'emploi des nouvelles lampes « demi-watt ».

» Étant donnée la possibilité d'avoir de fortes intensités lumineuses, ces lampes sont particulièrement appropriées à l'éclairage des rues, places, gares, voies, etc., elles entrent en concurrence

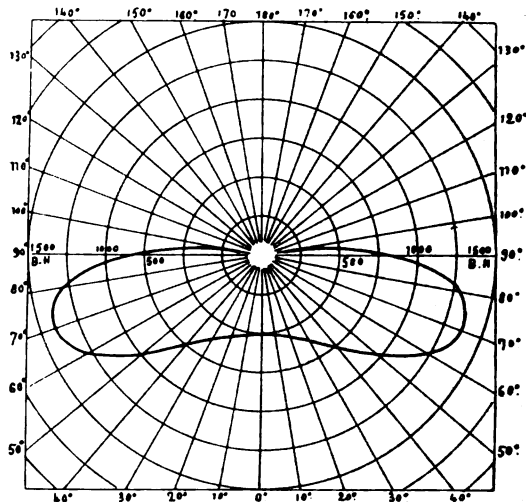


Fig. 8. — Courbe de répartition lumineuse d'une lampe Osram « demi-watt » avec armature et réflecteur spécial pour éclairage de rues avec lampes éloignées.

avec les lampes à arc flamme et à vase clos et se trouvent bien placées pour cette lutte. Elles comportent du reste des avantages si évidents que, dans beaucoup de cas, elles ont été préférées sans même qu'on se soit préoccupé de la question : dépense de courant.

» Pour les lampes placées à l'extérieur, il est indispensable de les mettre dans des armatures munies de globes et il est préférable que ces armatures soient munies d'orifices de ventilation. Il serait très mauvais d'exposer les lampes nues à la pluie; à cause de la grande chaleur dégagée, il pourrait se produire un éclatement de verre si une goutte d'eau venait en contact avec l'ampoule.

» Mais ces nouvelles lampes ne sont pas réservées uniquement aux éclairages extérieurs; elles ont leur emploi tout indiqué pour l'éclairage des ateliers, des magasins, des devantures, etc. A cause du grand éclat de leur lumière, il ne serait pas bon de les employer sans globe diffuseur pour les éclairages intérieurs à moins de pouvoir les placer très haut. Cependant, il n'est pas nécessaire d'avoir

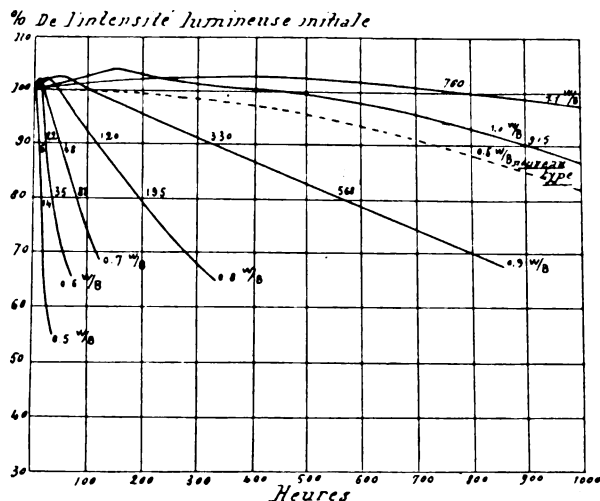


Fig. 9. — Courbes d'intensités lumineuses de lampe Osram en fonction de la durée pour différentes consommations spécifiques.

des globes de forte absorption et il suffit ordinairement de prendre des verres opalins absorbant seulement 7,5 pour 100 de la lumière émise. Pour les éclairages intérieurs, on peut aussi se contenter de dépolir la partie inférieure de l'ampoule.

» Il faut considérer en outre la belle qualité de la lumière fournie par ces lampes : fixe, blanche, ressemblant à la lumière du jour et permettant très bien de distinguer les couleurs.

» Pour l'éclairage indirect ou semi-indirect si agréable et si reposant pour la vue, c'est certainement la source la meilleure.

» Il existe aussi pour ce type de lampe un champ d'applications très vaste dans la projection, le cinématographe, l'éclairage des phares d'automobiles et peut-être aussi des phares côtiers où l'on demande précisément d'avoir un corps incandescent d'un volume aussi réduit que possible.

» On peut dire hardiment que la lampe « demi-watt » constitue

un progrès notable dans la technique de l'éclairage et qu'elle contribuera à satisfaire au désir général :

» Toujours plus de lumière ! »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Bruder de l'intéressant exposé qu'il vient de faire. L'introduction de la lampe dite « demi-watt » constitue un progrès important dans l'emploi de l'éclairage électrique. L'intérêt que présentent ces nouvelles sources lumineuses devient considérable en présence des sources très intenses et relativement peu coûteuses qui ont été mises au point dans d'autres genres d'éclairage. Aussi l'emploi de ces nouvelles lampes prend-il un vif essor. Il est, dans ces conditions, particulièrement intéressant pour nous d'avoir été mis au courant des données de ces lampes avec la clarté qu'y a apportée M. Bruder.

La Communication présentée au cours de cette séance par M. Gratzmuller, sur les *Dispositifs particuliers de moteurs à courants alternatifs, à facteur de puissance et à vitesse réglables*, sera publiée ultérieurement.

### SURTENSIONS PAR CABLES SOUTERRAINS.

M. P. BOUCHEROT. — « Messieurs, on sait déjà que la grande capacité, qui existe entre deux conducteurs d'un câble souterrain très long, peut donner lieu parfois, avec la self-inductance de fuites de l'alternateur qui alimente ce câble, à la résonance d'un harmonique de tension, résonance qui peut être dangereuse s'il n'y a pas de charge appréciable sur le câble. Par exemple, avec un alternateur de 1000 ou 1500 kilowatts, ayant une self-inductance de fuites d'environ 0,1 henry, branché sur une trentaine de kilomètres de câbles, en une ou plusieurs dérivations, ayant environ 3 microfarads de capacité entre conducteurs, on peut avoir résonance du septième harmonique de la fréquence 42, puisque :

$$(7 \times 6,28 \times 42)^2 \times 0,1 \times 3 \times 10^{-6} = 1,02.$$

Si l'on supprime tout à coup tous les appareils branchés en dérivation sur les câbles, le facteur de surtension peut être considérable et l'alternateur détérioré, car l'amortissement dans ces conditions est très petit.

» Ce qui caractérise alors un tel accident, lorsqu'il s'est produit, c'est qu'il y a dans l'alternateur des traces d'étincelles de fil à fil, mais il n'y en a pas nécessairement entre fils et masse; d'autre part, les appareils de mesure en dérivation sur l'alternateur (volts-mètres, etc.) doivent porter trace de la surtension produite.

» J'ai plutôt en vue d'appeler votre attention ce soir sur la possibilité de certaines surtensions se produisant entre la terre et les conducteurs des machines et des câbles, sans que la différence de potentiel entre bornes de l'alternateur et entre conducteurs des câbles soit modifiée sensiblement.

» Ces surtensions se manifestent par des étincelles entre les enroulements de l'alternateur et sa masse, ou entre les enroulements d'un transformateur et sa masse, d'une part, et, d'autre part, entre les conducteurs du câble et le plomb; quelquefois entre le plomb et des objets qui sont franchement à la terre quand le plomb est relativement bien isolé.

» Elles peuvent se produire avec les câbles *seuls*, sans intervention

de la self-induction d'autres appareils, pour des longueurs totales très inférieures à 100 km, parce que la self-inductance d'un conducteur d'un câble armé peut acquérir, dans certains cas, une valeur considérable.

» Prenons en considération, par exemple, 1 km d'un câble de quatre conducteurs de 100 m<sup>2</sup> chacun, isolé pour fonctionner normalement à 10 000 volts entre conducteurs. Si l'on fait passer un courant alternatif dans deux conducteurs, l'un servant de retour à l'autre et la somme algébrique des courants à l'intérieur de l'armure étant nulle, la self-inductance est d'environ 0,0005 henry. Mais si, au lieu de faire revenir le courant à l'intérieur de l'armure, on le fait revenir par l'extérieur, de manière qu'il y ait un flux magnétique dans l'armure, la self-inductance est alors 40 fois plus grande, soit environ 0,02 henry, pour un courant de fréquence courante (40 ou 50 périodes par seconde) et de moins de 100 ampères, par exemple. Elle est d'ailleurs fortement variable avec la fréquence et l'intensité du courant; avec l'intensité, quand on arrive à la saturation magnétique de l'armure; avec la fréquence, à cause des courants de Foucault qui se développent dans cette armure par les variations de flux.

» Arrêtons-nous cependant à la valeur de 0,02 henry par kilomètre

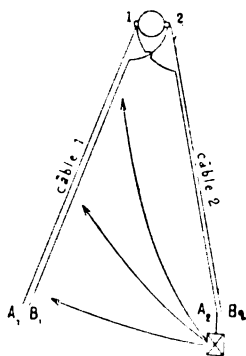


Fig. 1.

environ que le calcul indique à peu près, et que la Société alsacienne a bien voulu vérifier sur un tronçon, et adoptons pour la capacité de chaque conducteur avec la terre le chiffre de 0,2 mi-



crofarad par kilomètre qui m'a été indiqué également par cette Société.

» Supposons (*fig. 1*) deux câbles de 40 km chacun partant d'un alternateur. Pour simplifier, admettons que ces deux câbles ne contiennent chacun que deux conducteurs, avec les mêmes constantes admises ci-dessus pour le câble à quatre conducteurs. Mettons à la terre l'extrémité  $A_2$  de l'un des conducteurs de l'un des câbles. Il est aisé de voir que l'on réalise ainsi *grosso modo* un schéma tel que celui de la figure 2, avec les valeurs de  $C$  et  $L$  suivantes :

$$C = 40 \times 0,2 \times 10^{-6} = 8 \text{ microfarads,}$$

$$L = 40 \times 0,02 = 0,8 \text{ henry.}$$

» On s'assure aisément que, pour un tel schéma, la condition de résonance est

$$\omega^2 LC = \frac{1}{2}.$$

Elle sera réalisée pour  $\omega = 280$ , soit environ 45 périodes par seconde.

» Mais il ne manque pas de critiques à faire au sujet de cette assimilation de la disposition de la figure 1 au schéma de la figure 2. Tout

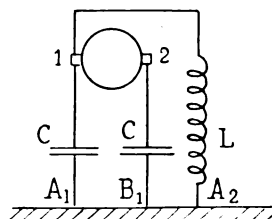


Fig. 2.

d'abord, la self-induction et les capacités ne sont pas concentrées, mais uniformément réparties, ce qui modifie certainement les résultats quantitatifs. De ce fait aussi, les courants dans les conducteurs  $A_1$  et  $B_1$  développent du flux dans l'armure qui les enveloppe, d'où une inductance négligée dans le schéma. On néglige aussi dans ce schéma la capacité du conducteur  $B_2$  par rapport à la terre; c'est partiellement justifié par ce fait qu'une partie du courant qui sort de  $B_2$  rentre dans  $A_2$  en passant par le plomb du câble et sans donner de flux dans l'armure, mais ce ne l'est qu'en partie.

» Aussi l'utilité de ce schéma simplifié est-elle beaucoup moins dans le résultat numérique obtenu, qui n'a aucune prétention à l'exactitude, que dans l'image simple qu'on se fait ainsi du retour du courant au dehors du câble dont un des conducteurs ( $A_2$ ) sert à l'aller. Et il sera nécessaire de reprendre ultérieurement le problème en se conformant aussi exactement que possible aux circonstances du fait, si l'on veut avoir des résultats numériques satisfaisants.

» En attendant, et sans se faire illusion sur la valeur absolue des chiffres obtenus, on peut se servir de ce schéma et d'autres analogues pour établir des comparaisons

» Tout d'abord, remarquons que les harmoniques exigeront, pour entrer en résonance, des longueurs de câbles d'autant moindres que leur rang sera plus élevé dans la série de Fourier; mais je veux dire de suite pourquoi je ne m'occuperai pas d'eux jusqu'au moment où j'arriverai au calcul des facteurs de surtension : il ne suffit pas de parler de résonance, il faut calculer la surtension qu'elle occasionne, et nous verrons, quand nous en serons là, qu'à cause des courants de Foucault développés dans l'armure par les variations de flux, les surtensions dues aux harmoniques ne sont pas dangereuses

» Laissons donc là les harmoniques et revenons au cas des figures 1 et 2 envisagé pour la fréquence fondamentale seule. Il n'est pas nécessaire évidemment que les capacités de 8 microfarads soient réalisées avec un seul câble de 40 km de longueur; le même résultat sera obtenu avec 10 câbles de 4 km chacun, par exemple, partant tous de l'usine. De même, si les capacités obtenues par les câbles

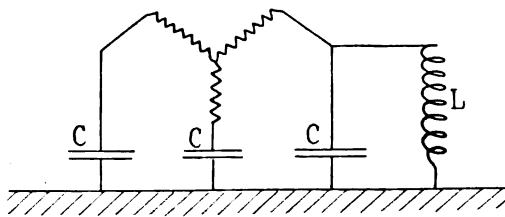


Fig. 3.

isolés sont plus grandes, le câble jouant le rôle de self inductance pourra être plus court, tout en réalisant la résonance. Si l'on

a, par exemple, 160 km de câbles isolés d'une part, en autant de tronçons que l'on voudra, il suffira d'une terre à l'extrémité d'un conducteur d'un câble de 10 km d'autre part pour faire résonner la fréquence 45.

» Avec des alternateurs et câbles polyphasés, les longueurs nécessaires pour provoquer la résonance sont moindres. On peut s'assurer aisément qu'en triphasé, avec le schéma simplifié de la figure 3, la condition de résonance est

$$\omega^2 LC = \frac{1}{3}.$$

» Elle est

$$\omega^2 LC = \frac{1}{4}$$

pour les schémas des figures 4 et 5, correspondant, le premier à une

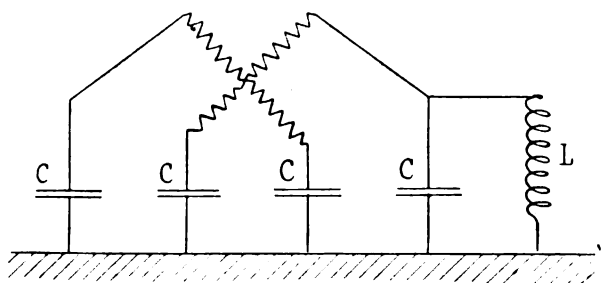


Fig. 4

installation tétraphasée ayant une mise à la terre, le deuxième à une installation diphasée, à phases isolées mises chacune à la

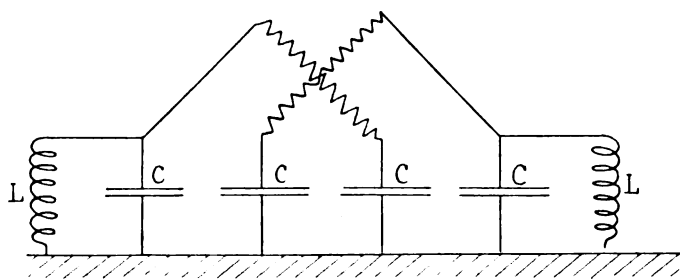


Fig. 5.

terre à une extrémité de conducteur. Dans ces deux derniers cas, comparativement au courant alternatif simple, il faut, pour une même longueur de câbles isolés, une longueur moitié du câble dont un ou deux conducteurs sont mis à la terre.

» Il convient maintenant d'aborder le problème tel qu'il se pose réellement. Mais eu égard à sa complexité, il est utile de procéder par étapes en admettant d'abord certaines simplifications. On peut se contenter de rechercher d'abord les conditions de résonance dans divers cas sans se préoccuper des valeurs des surtensions réalisées. On pourra dans ce cas négliger les résistances propres des conducteurs ainsi que les dissipations d'énergie qui se produisent dans l'armure par l'hystérésis et les courants de Foucault. On peut également admettre qu'en chaque point du câble la même force électromotrice agit sur tous les conducteurs, ce qui revient à négliger les petits flux magnétiques passant entre les conducteurs devant le flux commun qui est dans l'armure et à l'extérieur de l'armure. On peut aussi négliger la portion de la capacité entre conducteurs qui résulte du champ électrique existant entre ces conducteurs, pour ne s'en tenir qu'à celle, de beaucoup la plus grande, qui résulte du champ électrique entre chaque conducteur et la terre<sup>(1)</sup>.

» Avec ces simplifications, le problème est encore très complexe si l'on veut tenir compte du courant dans l'enveloppe de plomb, en faisant intervenir sa résistance et son isolation. Nous commencerons par négliger cette influence de l'enveloppe de plomb. Cela revient à admettre pratiquement que les enveloppes des divers tronçons d'un câble ne sont pas reliées entre elles électriquement. *Contrairement aux apparences*, cela n'est pas loin de la réalité; on a coutume, en effet, de relier les plombs de deux tronçons successifs d'un câble par un fil de cuivre ligaturé sur chacun; mais que valent de pareils contacts au bout de quelques mois de séjour dans la terre? Il suffit d'avoir essayé quelquefois de faire contact sur de vieux tuyaux de plomb, ou sur des queues de plaques d'accumulateurs, pour s'en douter. Tous ces contacts étant en série, à raison de 6 ou 8 par kilomètre, il en faut relativement peu de mauvais pour que l'hypothèse simplificatrice faite ici devienne une réalité. Mais il sera prudent, néanmoins, de rechercher ultérieu-

---

(1) Par exemple, pour le câble déjà envisagé ci-dessus, la capacité de chaque conducteur avec le plomb est exactement de 0,19 microfarad par kilomètre, et la capacité entre conducteurs 0,098 microfarad par kilomètre, au lieu de 0,095 qui résulterait de la première seule.

ement comment sont modifiés les résultats quand le plomb a une continuité bien assurée, comme cela peut se produire dans les premiers temps d'une installation.

» Ainsi limitée, la recherche des formules générales des potentiels et des courants des  $n$  conducteurs d'un câble est résumée dans l'annexe n° 1 ci-après.

» Nous en ferons quelques applications.

» *Câbles à deux conducteurs.* — L'application des formules conduit à ce résultat intéressant qu'un seul câble de longueur convenable peut donner lieu à résonance, si l'un des conducteurs est mis à la terre à l'extrémité opposée à celle de l'usine. Soient :

$U$  la tension efficace aux bornes de l'alternateur;

$l$  la longueur du câble;

$x$  la distance d'un point du câble à l'extrémité opposée à l'usine.

» Pour  $x = 0$ , on aura  $\varphi_1 = 0$  (mise à la terre) et  $i_2 = 0$ ;

» Pour  $x = l$ , on aura  $i_1 + i_2 = 0$  et  $\varphi_1 - \varphi_2 = \sqrt{2} U \sin \omega t$ .

» Ces données appliquées aux formules de l'annexe 1 donnent :

$$\left. \begin{array}{l} \varphi_1 \\ \varphi_2 \end{array} \right\} = \frac{\sqrt{2}}{2} U \sin \omega t \left[ \pm 1 - \frac{\cos m(l-x)}{\cos ml} \right],$$

$$\left. \begin{array}{l} i_1 \\ i_2 \end{array} \right\} = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{U \omega C_1}{m} \cos \omega t \left[ \pm (mx + \tan g ml) + \frac{\sin m(l-x)}{\cos ml} \right],$$

avec

$$m = \omega \sqrt{2 L_1 C_1}.$$

» En admettant toujours les mêmes constantes  $L_1 = 0,02$ ,  $C_1 = 0,2 \cdot 10^{-6}$ , on a pour la fréquence 50 ( $\omega = 314$ ) :

$$m = \frac{1}{35} \text{ environ.}$$

» Si donc  $l = 55$  km,  $ml = \frac{\pi}{2}$ ,  $\cos ml = 0$ ,  $\varphi_1$  et  $\varphi_2$  deviennent infinis. *Grosso modo*, on peut dire que l'un des conducteurs, celui mis à la terre à une extrémité, joue le rôle de self-inductance, et l'autre, celui qui reste isolé, joue le rôle de capacité. La capacité totale du conducteur restant isolé, par rapport à la terre, est de 11 microfarads; la self-inductance de l'autre conducteur, en suppo-

sant que seul il soit parcouru par un courant, est de 1,1 henry et le produit  $\omega^2 LC$  vaut 1,24; il est très peu différent, par conséquent, de celui qui donnerait la résonance pour une self-inductance et une capacité concentrées.

» Pour  $ml = \frac{\pi}{2}$ , on a en effet

$$\frac{\pi^2}{4} = m^2 l^2 = \omega^2 \times 2 \times L_1 C_1 l^2,$$

d'où

$$\omega^2 L_1 l C_1 l = \frac{\pi^2}{8} = 1,24.$$

» Le danger de surtension n'est évidemment pas limité exactement à  $l = 55$  km. On vérifie aisément qu'il existe encore pour 50 km comme pour 60 km. Pour faciliter la compréhension de ce qui se passe au voisinage de la résonance, j'ai représenté en figure 6 les

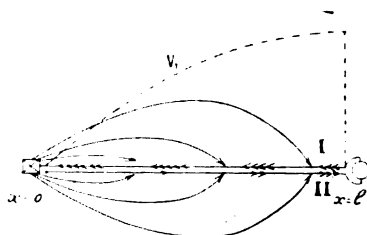


Fig. 6.

chemins des courants dans la terre et dans les conducteurs; ceux-ci sont les deux traits horizontaux; la terre est faite à l'extrémité gauche du conducteur supérieur marqué I, l'alternateur est à l'extrémité droite. On voit bien par cette image que le flux dans l'armure qui est presque nul au voisinage de l'alternateur est très grand au contraire au voisinage du point mis à la terre. Quand on s'éloigne de ce dernier ( $x$  croît), le potentiel  $\varphi_1$  du conducteur I croît d'abord très vite, puis plus lentement; il est maximum au voisinage de l'alternateur. Le potentiel  $\varphi_2$  du conducteur II a la même allure, mais diffère de  $\varphi_1$ , partout, de la quantité  $\sqrt{2} U \sin \omega t$ , tension de l'alternateur. Il est plus grand que  $\varphi_1$  pour les longueurs moindres que 55 km et plus petit pour les longueurs supérieures à 55 km.

» L'installation est représentée comme étant à vide, mais cela ne

change rien qu'elle soit en charge : il y a dans ce cas, dans les conducteurs, deux courants égaux et de sens contraire qui se superposent aux autres sans changer le flux dans l'armure, ni la distribution du potentiel. La différence de potentiel entre les deux conducteurs étant partout  $\sqrt{2} U \sin \omega t$ , les appareils de mesure n'indiquent rien d'anormal, aussi bien dans les sous-stations qu'à la centrale, et cependant les potentiels des conducteurs de l'alternateur et de ceux du câble sont excessifs.

» On passe aisément de ce cas à celui de deux câbles, de longueurs  $l_1$  et  $l_2$ , avec terre sur un des conducteurs, représenté par la figure 1. Je n'indiquerai que le résultat : la condition de résonance est

$$\cos m(l_1 + l_2) = \frac{\pi}{2};$$

c'est-à-dire qu'il suffit que la somme des deux longueurs soit de 55 km. Dans le calcul grossier du début, nous avons trouvé un minimum de 80 km pour la fréquence 45, ce qui correspond à 65 km pour la fréquence 50, minimum correspondant à deux longueurs égales. Il faut donc moins en réalité, et ce n'est pas le produit  $l_1 l_2$ , mais la somme  $(l_1 + l_2)$  qui donne la résonance. Ces deux circonstances favorisent la réalisation des conditions nécessaires pour la production d'accidents.

» Il est relativement rare que dans une installation on n'ait qu'un

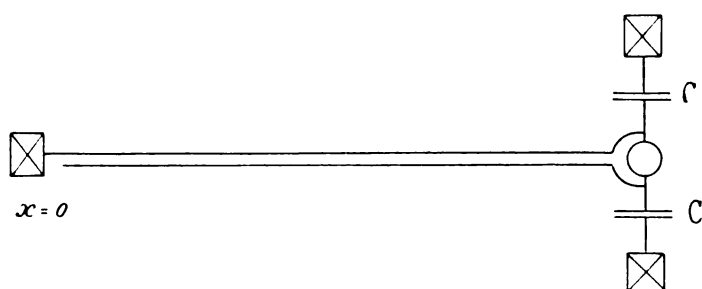


Fig. 7.

câble très long partant de l'usine et encore assez rare que l'on n'en ait que deux. Généralement, et c'est le cas des usines qui alimentent Paris, et de celles des environs, on a un assez grand nombre de câbles, plus courts, rayonnant dans plusieurs directions.

Dans ces conditions, si une terre se produit à l'extrémité d'un des conducteurs d'un câble, on peut assimiler la combinaison produite à celle de la figure 7, c'est-à-dire remplacer tous les câbles restant isolés par deux condensateurs de capacité  $C$  reliant chaque borne à la terre. En prenant, pour la valeur de  $C$ , le produit  $C_1 \Sigma l$  de la capacité kilométrique par la somme des longueurs des câbles qui restent isolés, on sera au-dessous de la vérité : en effet, dans le cours du calcul précédent, relatif à deux câbles seulement, on trouve qu'en résonance, la capacité équivalente de chaque conducteur du câble restant isolé est

$$\frac{C_1}{m} \operatorname{tang} ml,$$

valeur qui est toujours supérieure à  $C_1 l$ .

» Les formules générales de l'annexe n° 1 appliquées au cas de la figure 7 donnent

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{2}}{2} U \sin \omega t \left[ \pm 1 - \frac{C_1 \cos m(l-x) - Cm \sin m(l-x)}{C_1 \cos ml - Cm \sin ml} \right].$$

» On a donc la résonance quand la relation

$$\operatorname{tang} ml = \frac{C_1}{mC}$$

est satisfaite

» Pour  $C = 0$ , on doit retomber sur la longueur du câble seul (fig. 6). On a, en effet,

$$\operatorname{tang} ml = \infty, \quad ml = \frac{\pi}{2}, \quad l = 35 \times \frac{\pi}{2} = 55.$$

» Faisons  $C = 7.10^{-6}$ , soit 7 microfarads, ce qui correspond à moins de 35 km de câbles, isolés

$$\operatorname{tang} ml = 1, \quad ml = \frac{\pi}{4}, \quad l = 27,5 \text{ km.}$$

» Faisons  $C = 30.10^{-6}$ , soit 30 microfarads, ce qui correspond à moins de 150 km de câbles isolés <sup>(1)</sup>,

$$\operatorname{tang} ml = 0,23, \quad ml = 0,23, \quad l = 8 \text{ km.}$$

---

(1) Ai-je besoin de dire que c'est par centaines de kilomètres que l'on compte les câbles souterrains dans les grandes villes ?



» Ces résultats ne sont pas très différents de ceux que donne le calcul grossier par la formule  $\omega^2 LC = \frac{1}{2}$ , que nous avons utilisée au début. Celle-ci donne en effet, dans le premier cas, 35 km, et, dans le second, 8,3 km, chiffres plus *forts* que ceux du calcul exact.

» Dans les divers cas que nous venons d'examiner, la surtension est maxima à l'usine, la mise à terre étant faite à une certaine distance de celle-ci. On peut avoir l'inverse : en produisant une terre à l'usine réaliser une surélévation du potentiel à l'extrémité opposée des câbles où se trouvera souvent un poste de transformation.

» La figure 8 montre comment cheminent les courants dans ce cas,

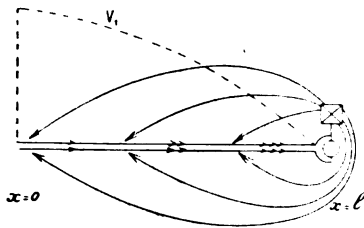


Fig. 8.

au voisinage de la résonance, c'est-à-dire pour une longueur encore voisine de 55 km. Le flux dans l'armure est presque nul à l'extrémité opposée à l'usine, mais très grand au voisinage de l'alternateur. Quand on s'éloigne de celui-ci, le potentiel  $\varphi_1$  du conducteur I croît d'abord très vite, puis plus lentement; il est maximum à l'extrémité ouverte. Le potentiel  $\varphi_2$  du conducteur II ne diffère de  $\varphi_1$  que de la quantité  $\sqrt{2} U \sin \omega t$ , constante tout le long de la ligne; comme précédemment, les appareils de mesure en dérivation sur la ligne n'indiquent rien d'anormal.

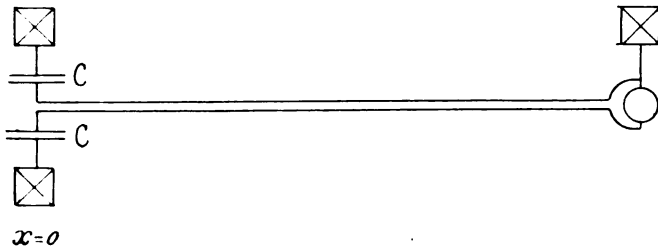


Fig. 9.

» S'il y a des câbles courts partant de l'extrémité opposée à l'usine (voir fig. 9) et ayant ensemble une capacité  $C$  par conducteur, la

longueur nécessaire pour avoir résonance avec le câble envisagé est moindre que 55 km. Les formules générales de l'annexe n° 1 donnent en effet pour les potentiels :

$$\left. \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \end{matrix} \right\} = \frac{\sqrt{2}}{2} U \sin \omega t \left[ \pm 1 - \frac{C_1 \cos mx - C m \sin mx}{C_1 \cos mt - C m \sin mt} \right];$$

et la condition de résonance est encore

$$\operatorname{tang} ml = \frac{C_1}{mC},$$

comme dans le cas précédent; ce qui donne encore :

$$\begin{aligned} l &= 27,5 \text{ km} && \text{pour } C = 7 \text{ microfarads,} \\ l &= 8 \text{ km} && \text{pour } C = 30 \text{ microfarads.} \end{aligned}$$

» La figure 10 est une variante de la figure 8 dans laquelle l'un

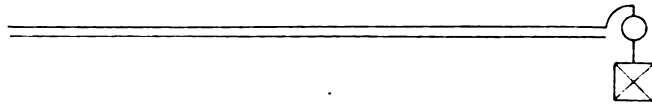


Fig. 10.

des conducteurs reste complètement isolé de l'alternateur et peut cependant être le siège d'un potentiel excessif <sup>(1)</sup>. Les formules générales appliquées à ce cas donnent :

$$\left. \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \end{matrix} \right\} = \sqrt{2} U \sin \omega t \frac{\pm \operatorname{tang} ml + ml \frac{\cos mx}{\cos mt}}{\operatorname{tang} ml + ml}$$

» La condition de résonance est  $ml + \operatorname{tang} ml = 0$ , d'où  $ml = 2,02$  et  $l = 70$  km. Cette longueur serait réduite évidemment par l'adjonction de capacités à l'extrémité ouverte.

» On pourrait évidemment varier les exemples à l'infini.

» *Câbles à quatre conducteurs.* — On a des résultats analogues avec des longueurs moindres.

---

(1) Un tel isolement peut se produire momentanément pendant la manœuvre d'un interrupteur ou après fusion de plombs.

» Voici quelques chiffres :

» Alternateur diphasé à phases isolées; terre sur un conducteur à 50 km, surtension à l'usine;

» Alternateur diphasé à phases isolées; terres sur deux conducteurs à 39 km, surtension à l'usine;

» Alternateur diphasé avec neutre (en réalité tétraphasé); terre sur un conducteur à 39 km, surtension à l'usine;

» Alternateur tétraphasé avec un pôle, ou le neutre, à la terre : surtensions à l'extrémité opposée à l'usine pour les longueurs suivantes :

» 1 fil isolé, 42 km;

» 2 fils isolés, 50 km;

» 3 fils isolés, 62 km.

» Toutes ces longueurs sont réduites évidemment par l'adjonction de capacités à la terre, c'est-à-dire lorsqu'il y a d'autres câbles plus ou moins longs couplés avec celui dont un point est mis à la terre.

» *Valeurs des surtensions.* — Il n'y a pas lieu de s'effrayer outre mesure des effets de résonance. Lorsqu'en 1904 nous avons discuté ici-même de ces questions de surtensions, je me suis trouvé d'accord avec Potier <sup>(1)</sup> pour faire remarquer qu'en pratique les facteurs de surtension réels sont beaucoup moindres que ceux que peuvent indiquer des calculs trop hâtifs, et cela grâce aux courants de Foucault et à l'hystérésis des circuits magnétiques dans lesquels on développe des flux au moment où se produit la résonance, et plus généralement grâce à toutes les causes de dégradation de l'énergie.

» Dans le cas qui nous occupe plus particulièrement, les courants de Foucault jouent leur rôle bienfaiteur et, comme toujours, d'autant plus que la fréquence est plus élevée. Grâce à eux, les surtensions dues aux harmoniques sont sans importance et celles dues à la fréquence fondamentale, sans être inoffensives, sont réduites à ce point que c'est encore assez rarement que l'on a à en souffrir.

» La résistance propre des conducteurs des câbles tend évidemment

---

(1) Voir *Bulletin* de mai 1904.

aussi à réduire les surtensions produites; mais si elle était seule en jeu, on aurait bien plus souvent à déplorer des accidents, car les valeurs des surtensions seraient 5 ou 10 fois plus grandes et seraient *toujours* destructives.

» En réalité, la majeure partie de l'influence amortissante provenant des pertes dans l'armure du câble, on peut négliger les résistances propres des conducteurs pour évaluer les surtensions. Et cela est fort heureux, car, malgré cette simplification, le problème reste encore très compliqué, ainsi qu'on s'en rendra compte à l'annexe n° 2.

» Pour tenir compte de ces courants de Foucault dans l'armure, on a simplement introduit dans les calculs de cette Note une résistance fictive  $R_f$  (à évaluer en ohms par kilomètre), en quelque sorte commune à tous les conducteurs, et exigeant *dans chacun* une tension  $R_f i$  égale au produit de cette résistance par le courant total  $i$  dans l'ensemble des conducteurs. Le flux dans l'armure est en effet proportionnel à ce courant  $i$  total, au moins tant que l'armure n'est pas saturée et la dissipation de puissance proportionnelle à  $i^2$ .

» Cette résistance fictive  $R_f$ , à introduire dans le calcul est évidemment variable avec la fréquence, et j'ai indiqué dans l'annexe n° 3 les valeurs que l'on peut trouver pour elle en partant des formules que j'ai données ici même il y a quelques années <sup>(1)</sup>.

» Les calculs numériques à faire pour appliquer les formules générales de l'annexe n° 2 à des cas particuliers sont très laborieux. Pour un cas tel que celui de la figure 6, par exemple, il faut se donner une longueur  $l$ , calculer les potentiels  $\varphi_1$  et  $\varphi_2$  en faisant varier  $x$ , puis changer  $l$  un certain nombre de fois en recommençant les calculs de  $\varphi_1$  et  $\varphi_2$  en fonction de  $x$ . Il suffit de jeter un simple coup d'œil sur les formules à appliquer pour voir où cela mène.

» Je me contenterai d'indiquer quelques résultats. Si nous appe-

---

<sup>(1)</sup> Voir *Bulletin* d'avril 1905 : *Sur la résistance fictive et la diminution de self-induction créées par les courants de Foucault*.

(Je ne connaissais que par ouï-dire le travail antérieur de J.-J. Thomson sur un sujet analogue que M. Jouaust a bien voulu me signaler depuis.)

lons  $\sigma$  le rapport

$$\sigma = \frac{V}{U}$$

du potentiel efficace  $V$  le plus élevé, trouvé dans un tel calcul, à la différence de potentiel efficace  $U$  entre bornes de l'alternateur, on trouve les chiffres suivants :

» Pour le cas de la figure 6 :

» Avec  $l = 55$  km,  $\sigma_1 = 2,85$  (fréquence fondamentale);

» Avec  $l = 23$  km,  $\sigma_3 = 1,4$  (3<sup>e</sup> harmonique);

» Avec  $l = 5$  km,  $\sigma_{25} = 1,2$  (25<sup>e</sup> harmonique).

» Les surtensions que peuvent produire les harmoniques sont ainsi sans danger, ce qui résulte de la grande résistance fictive qu'il faut introduire dans le système résonant pour les fréquences élevées; et c'est pourquoi je me suis borné, dans l'exposé qui précède, à n'envisager que la résonance pour la fréquence fondamentale (1).

» Dans le cas de la figure 7,  $\sigma_1$  diminue et tend vers 2 pour de grandes valeurs des capacités  $C$ .

» Pour le cas de la figure 8 :  $\sigma_1 = 2,8$ .

» Avec des câbles à quatre conducteurs :

» Alternateur diphasé à phases isolées; une terre :  $\sigma_1 = 2,4$ ;

» Alternateur diphasé à phases isolées; deux terres :  $\sigma_1 = 2,7$ ;

» Alternateur tétraphasé; une terre et un fil isolé :  $\sigma_1 = 2,6$ .

» En résumé, il semble bien qu'avec les constantes adoptées le rapport  $\sigma$  ne dépasse pas 3 pour le régime de la résonance établi (2). Mais il est possible que pendant la période transitoire cette valeur soit encore doublée, ou presque; en sorte qu'il n'y a pas lieu de rester indifférents devant ces résultats numériques; car on peut dire

---

(1) Je crois d'ailleurs que la même remarque est à faire au sujet des surtensions dues aux harmoniques 3 avec les câbles triphasés, lorsqu'on met le neutre à la terre. S'il n'y a pas d'autre self-inductance que celle due au flux développé dans l'armure par les trois courants harmoniques, le calcul indique que le facteur de surtension ne dépasse pas 2.

(2) Il convient d'ailleurs de remarquer qu'il y a une autre limite aux surtensions possibles dans la saturation magnétique de l'armure: avec la construction habituelle, cette limite est de 1 volt par mètre, grand maximum, pour la fréquence 50.

avec certitude qu'il n'y a pas beaucoup d'alternateurs qui, après quelques mois d'usage, après quelques courts circuits sérieux, soient capables de résister à l'application, entre fils et masse, d'une tension égale à 2 fois et demie la tension normale.

» D'autre part, j'ai laissé de côté systématiquement toutes autres self-inductances que celle due au câble, mais il peut s'en trouver en jeu, en particulier celle de l'alternateur. Lorsqu'on en tient compte, en lui donnant une valeur raisonnable, les résultats numériques ne sont pas considérablement modifiés, mais ils le sont et, évidemment, dans le sens d'une réduction des longueurs de câble donnant la résonance et d'une augmentation des surtensions produites.

» Et si je dis que nous ne pouvons pas rester indifférents devant ces résultats numériques, c'est aussi parce que j'ai d'autres raisons de le penser : en vérité, c'est à la suite d'un accident grave survenu dans une station centrale que j'ai été amené à ébaucher cette théorie; j'y ai été amené par un examen consciencieux des effets produits et des circonstances dans lesquelles il se sont produits; le rapprochement des conditions nécessaires théoriquement et de celles réellement existantes m'a complètement édifié.

» Est-ce à dire que cette théorie est complète, que les choses ne peuvent pas se passer parfois autrement, que tout est dit? Non, certainement. Il y a encore beaucoup à faire pour épuiser le sujet : je n'ai envisagé jusqu'ici que quelques cas simples et sans autres appareils que les câbles; j'ai admis que les enveloppes de plomb des divers tronçons étaient mal reliées entre elles; il reste à voir comment seront modifiés les résultats en faisant l'hypothèse inverse, quelles seront les influences des autres appareils en service, etc. Mais pour le moment, ce qu'il y a de bien acquis, c'est qu'il *peut* y avoir, dans les circonstances que j'ai définies, des surtensions dangereuses par simple mise à la terre de certains points d'une installation.

» D'ailleurs, cette question intéresse au plus haut point les stations centrales employant de grandes longueurs de câbles et j'espère qu'il s'en trouvera bien quelques-unes pour mettre cette théorie à l'épreuve par quelques expériences bien suivies. Il suffirait pour cela de pouvoir disposer de tout ou partie d'un réseau pendant

quelques heures et de choisir convenablement quelques points qu'on mettrait à la terre, après avoir au préalable réduit la tension de l'alternateur d'expérience au cinquième ou au dixième de la tension normale.

» Mais c'est peut-être beaucoup demander, si l'on songe aux difficultés que l'on peut rencontrer pour disposer d'un réseau pendant quelques heures.

» *Remèdes.* — Je terminerai par quelques mots au sujet des remèdes pouvant être appliqués quand il y a lieu de craindre des surtensions par le mécanisme envisagé.

» Puisque c'est le flux dans l'armure qui provoque les surtensions, l'idée qui se présente immédiatement à l'esprit est de supprimer le flux en supprimant le magnétisme de l'armure. Je crois ce remède pire que le mal : en supprimant l'armure magnétique, on supprimerait du même coup l'amortissement pour les harmoniques : ceux-ci entreraient, il est vrai, plus difficilement en résonance, parce qu'il faudrait des longueurs plus grandes, mais ils y entreraient tout de même et avec des facteurs de surtension très élevés. Le danger serait beaucoup plus grand.

» Il est préférable, à mon avis, de prendre des dispositions qui, tout en diminuant la self-inductance, augmentent l'amortissement. Puisqu'on a là, dans chaque câble, une bobine de self-induction à circuit magnétique fermé, il est facile d'en faire un transformateur à résistance secondaire convenable, par l'adjonction d'un circuit électrique fermé sur lui-même.

» Deux cas peuvent se présenter en pratique selon que l'on a affaire à une installation existante ou à une installation à réaliser.

» Dans le premier cas, on peut utiliser le plomb du câble comme portion du circuit secondaire en réunissant ses extrémités par un conducteur extérieur nu, ou légèrement isolé, placé en terre parallèlement au câble. On peut faire cette opération sur chaque tronçon, ou sur plusieurs en série en reliant soigneusement les plombs des divers tronçons. On peut, dans cette disposition, substituer au conducteur extérieur la terre; soit que l'on fasse une terre à chaque extrémité de tronçon, soit que l'on en fasse une à chaque extrémité de câble en reliant soigneusement les plombs des divers tronçons. Mais

il faut réaliser ainsi de si excellentes *terres*, pour avoir un effet certain, que l'emploi de ce procédé paraît scabreux, sans qu'on puisse dire toutefois qu'il est à rejeter.

» Dans le cas d'une installation à réaliser, il me semble bien préférable d'employer des câbles munis, avant leur pose, du circuit secondaire en question, soit que, comme précédemment, on utilise encore le plomb comme portion de conducteur, en enroulant le conducteur extérieur par-dessus le feuillard, soit que l'on cuivre le feuillard sur une faible épaisseur par un procédé quelconque.

» Dans tous les cas, la dépense à faire pour se procurer ainsi la sécurité est très minime.

» La Société alsacienne de Constructions mécaniques a ainsi réalisé, à titre d'essai, un tronçon de câble d'environ 300 m de longueur, sur lequel les mesures de courant, de tension et de puissance, effectuées à diverses fréquences, ont confirmé les prévisions. A cette Société revient également le mérite d'avoir provoqué, par une initiative heureuse, l'édification de la théorie que je vous ai présentée ce soir et qui résistera, j'espère, à l'épreuve de la critique et de l'expérience.

#### Annexe n° 1.

» Soit un câble de  $n$  conducteurs dont on néglige les résistances propres. Chaque conducteur a, par rapport à la terre, une capacité de  $C$ , farads par kilomètre de longueur. La self-inductance pour un seul conducteur parcouru par un courant est de  $L$ , henrys par kilomètre de longueur. On néglige l'influence des courants de Foucault et de l'hystérésis dans l'armure du câble, ainsi que l'influence du plomb.

» Soient  $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$  les courants instantanés dans les divers conducteurs, courants dont la somme est  $i$  :

$$i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n.$$

» En négligeant les petits flux qui passent entre conducteurs devant le flux extérieur, on a

$$(1) \quad \frac{\partial v_1}{\partial x} = \frac{\partial v_2}{\partial x} = \frac{\partial v_3}{\partial x} = \dots = \frac{\partial v_n}{\partial x} = L_1 \frac{\partial i}{\partial t}$$

(où  $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$  sont les potentiels de chaque conducteur en



chaque point), puisque c'est le même flux qui agit alors sur tous les conducteurs, flux qui résulte de la somme des courants  $i$ .

» D'autre part, on a pour les variations des courants le long des conducteurs :

$$(2) \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial i_1}{\partial x} = C_1 \frac{\partial v_1}{\partial t}, \\ \frac{\partial i_2}{\partial x} = C_1 \frac{\partial v_2}{\partial t}, \\ \dots\dots\dots, \\ \frac{\partial i_n}{\partial x} = C_1 \frac{\partial v_n}{\partial t}, \end{array} \right.$$

en négligeant les capacités entre conducteurs devant celles entre chaque conducteur et la terre.

» Décomposons chaque potentiel tel que  $v_i$  en deux parties, l'une  $v_i$  qui ne sera fonction *que du temps*, l'autre  $\varphi$  fonction de  $x$  et de  $t$ , mais commune à tous les conducteurs. On aura

$$(3) \quad \left\{ \begin{array}{l} v_1 = v + v'_1, \\ v_2 = v + v'_2, \\ \dots\dots\dots, \\ v_n = v + v'_n. \end{array} \right.$$

» De ce fait, les  $n$  équations (1) se réduiront à

$$(4) \quad \frac{\partial v}{\partial x} = L_1 \frac{\partial i}{\partial t}.$$

» Additionnant les  $n$  équations (2), il vient

$$(5) \quad \frac{\partial i}{\partial x} = C_1 \frac{\partial (v_1 + v_2 + \dots + v_n)}{\partial t} = n C_1 \frac{\partial v}{\partial t} + C_1 \frac{\partial (v'_1 + v'_2 + \dots + v'_n)}{\partial t}.$$

» L'équation (4) combinée avec (5) donne

$$(6) \quad \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = n L_1 C_1 \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + L_1 C_1 \frac{\partial^2 (v'_1 + v'_2 + \dots + v'_n)}{\partial t^2}.$$

Si l'on s'impose de n'appliquer l'équation (6) qu'aux régimes établis et pour des fonctions circulaires de pulsation  $\omega$ , elle peut s'écrire aussi

$$(7) \quad \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = n L_1 C_1 \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} - \omega^2 L_1 C_1 (v'_1 + v'_2 + \dots + v'_n)$$

ou encore

$$(8) \quad \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = n L_1 C_1 \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} - n \omega^2 L_1 C_1 v',$$

avec

$$(9) \quad n v' = v'_1 + v'_2 + \dots + v'_n;$$

$v'$  n'étant fonction que de  $t$ , l'intégration de (8) donne

$$v = (a_1 \sin m x + b_1 \cos m x) \sin \omega t + (a_2 \sin m x + b_2 \cos m x) \cos \omega t - v',$$

avec  $m = \omega \sqrt{n L_1 C_1}$ .

» On déduit de là les valeurs des potentiels individuels  $v_1, v_2, \dots, v_n$  d'après les équations (3) et celles des courants  $i_1, i_2, \dots, i_n$  d'après les équations (2) en dérivant les potentiels par rapport au temps, puis intégrant par rapport à  $x$ , après avoir multiplié par  $C_1$ . On trouve ainsi les formules générales suivantes :

$$\left. \begin{array}{l} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ \dots \\ v_n \end{array} \right\} = \begin{array}{l} (a_1 \sin m x + b_1 \cos m x) \sin \omega t \\ + (a_2 \sin m x + b_2 \cos m x) \cos \omega t - v' + \end{array} \left\{ \begin{array}{l} v'_1 \\ v'_2 \\ v'_3 \\ \dots \\ v'_n \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ \dots \\ i_n \end{array} \right\} = \begin{array}{l} \frac{\omega C_1}{m} (b_1 \sin m x - a_1 \cos m x) \cos \omega t \\ - \frac{\omega C_1}{m} (b_2 \sin m x - a_2 \cos m x) \sin \omega t - C_1 x \frac{dv'}{dt} + \end{array} \left\{ \begin{array}{l} C_1 x \frac{dv'_1}{dt} + j_1 \\ C_1 x \frac{dv'_2}{dt} + j_2 \\ C_1 x \frac{dv'_3}{dt} + j_3 \\ \dots \\ C_1 x \frac{dv'_n}{dt} + j_n \end{array} \right.$$

dans lesquelles  $j_1, j_2, \dots, j_n$  sont des fonctions du temps seul comme  $v'_1, v'_2, \dots, v'_n$  et  $v'$ ; et avec la relation

$$j_1 + j_2 + j_3 + \dots + j_n = 0.$$

pour satisfaire à la condition (1).

» Les valeurs de  $a_1, b_1, a_2, b_2, v'_1, v'_2, v'_3, \dots, v'_n, v', j_1, j_2, j_3, \dots$  et  $j_n$  se déduisent des conditions particulières imposées par les circonstances de fait, telles le potentiel et le courant en certains points de certains conducteurs.

# Annexe n° 2.

» Comme dans l'annexe n° 1, on néglige la résistance ohmique des conducteurs, mais on tient compte des courants de Foucault produits dans l'armure par les variations de flux, en écrivant qu'ils développent eux-mêmes dans chaque conducteur une force électromotrice

$$R_1(i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n) = R_1 i_1$$

où  $R_1$  est analogue à une résistance linéique.

» On a ainsi

$$(1) \quad \frac{\partial v_1}{\partial x} = \frac{\partial v_2}{\partial x} = \frac{\partial v_3}{\partial x} = \dots = \frac{\partial v_n}{\partial x} = L_1 \frac{\partial i}{\partial t} + R_1 i.$$

» Les groupes d'équations (2) et (3) restent les mêmes que dans la Note 1, en sorte que les  $n$  équations (1) se réduisent à

$$(4) \quad \frac{\partial v}{\partial x} = L_1 \frac{\partial i}{\partial t} + R_1 i.$$

« Les  $n$  équations (2) additionnées donnent

$$(5) \quad \frac{\partial i}{\partial x} = C_1 \frac{\partial}{\partial t} (v_1 + v_2 + \dots + v_n) = n C_1 \frac{\partial v}{\partial t} + C_1 \frac{d}{dt} (v'_1 + v'_2 + \dots + v'_n)$$

qui, combinée avec (4), fournit l'équation

$$(6) \quad \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = n L_1 C_1 \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + n R_1 C_1 \frac{\partial v}{\partial t} + \left( L_1 C_1 \frac{d}{dt^2} + R_1 C_1 \frac{d}{dt} \right) (v'_1 + v'_2 + \dots + v'_n).$$

» En posant

$$nv' = v'_1 + v'_2 + v'_3 + \dots + v'_n,$$

$v'$  ne sera aussi qu'une fonction du temps seulement, et (6) deviendra

$$(7) \quad \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = n L_1 C_1 \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + n R_1 C_1 \frac{\partial v}{\partial t} + n L_1 C_1 \frac{d^2 v'}{dt^2} + n R_1 C_1 \frac{dv'}{dt}.$$

» L'intégration de cette équation donnera  $v$ , d'où l'on déduira les potentiels individuels  $v_1, v_2, \dots, v_n$ , puis les courants  $i_1, i_2, \dots, i_n$ .

» On trouve ainsi les formules générales suivantes :

$$\begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ \dots \\ v_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -[b_1 e^{zx} + b_2 e^{-zx}] \sin \beta x + (a_1 e^{zx} - a_2 e^{-zx}) \cos \beta x] \sin \omega t \\ + [ (a_1 e^{zx} + a_2 e^{-zx}) \sin \beta x + (b_1 e^{zx} - b_2 e^{-zx}) \cos \beta x] \cos \omega t - v' + \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1' \\ v_2' \\ v_3' \\ \dots \\ v_n' \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ \dots \\ i_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\omega C_1}{\alpha^2 + \beta^2} [ e^{zx} (\beta a_1 - \alpha b_1) - e^{-zx} (\beta a_2 - \alpha b_2) ] \sin \beta x \\ + [ e^{zx} (\alpha a_1 + \beta b_1) + e^{-zx} (\alpha a_2 + \beta b_2) ] \cos \beta x ] \cos \omega t \\ - \frac{\omega C_1}{\alpha^2 + \beta^2} [ e^{zx} (\beta b_1 + \alpha a_1) - e^{-zx} (\beta b_2 + \alpha a_2) ] \sin \beta x \\ + [ e^{zx} (\alpha b_1 - \beta a_1) + e^{-zx} (\alpha b_2 - \beta a_2) ] \cos \beta x ] \sin \omega t - C_1 x \frac{dv'}{dt} + \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_1 x \frac{dv_1'}{dt} \\ C_1 x \frac{dv_2'}{dt} \\ \dots \\ C_1 x \frac{dv_n'}{dt} \end{pmatrix}$$

avec  $j_1 + j_2 + j_3 + \dots + j_n = 0$

$$\alpha^2 = 2 C_1 \omega (\sqrt{R_1^2 + \omega^2 L_1^2} - \omega L_1),$$

$$\beta^2 = 2 C_1 \omega (\sqrt{R_1^2 + \omega^2 L_1^2} + \omega L_1).$$

» Comme précédemment, les  $a, b, v'$  et  $j$  se déduisent des circonstances de faits.

### Annexe n° 3.

» Il s'agit de trouver les valeurs de  $R_1$  à introduire dans les formules générales de l'annexe n° 2.

» Généralement, les câbles sont armés de deux feuillets de chacun 0,8 mm d'épaisseur; nous nous limiterons à ce cas. Nous admettrons pour ce fer la perméabilité 2000 et la conductivité  $0,66.10^{-4}$  (15 microhms-centimètres pour la résistivité).

» On se reportera aux formules du *Bulletin* de 1905, page 338, et l'on vérifiera aisément les chiffres suivants :

|                                                                              |      |      |      |      |      |
|------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|
| Fréquence, en période par seconde....                                        | 50   | 150  | 250  | 650  | 1250 |
| Rang de l'harmonique.....                                                    | 1    | 3    | 5    | 13   | 25   |
| Rapport de la self-inductance vraie à<br>la self-inductance sans courants de |      |      |      |      |      |
| Foucault.....                                                                | 0,95 | 0,57 | 0,40 | 0,20 | 0,15 |
| Réactance (ohms par kilomètre).....                                          | 6,3  | 11,3 | 13,4 | 17,5 | 25   |
| Rapport de la résistance fictive à la<br>réactance.....                      | 0,24 | 0,68 | 0,85 | 0,98 | 1    |
| Résistance fictive (ohms par kilomètre).....                                 | 1,5  | 7,7  | 11,5 | 17   | 25   |

» On voit combien la résistance à introduire dans les calculs augmente vite avec la fréquence : pour l'harmonique 3, elle est plus de 5 fois plus grande que pour le terme fondamental. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Boucherot de sa belle Communication. On a pris depuis quelques années l'habitude de chercher dans des considérations très compliquées, et parfois hasardées, les causes des accidents qui se produisent de temps à autre dans l'emploi des courants alternatifs. Il était donc particulièrement utile que M. Boucherot nous montrât par quel processus simple, et trop facile à réaliser dans la pratique, on peut avoir des surtensions dangereuses entre les génératrices et la terre, sans d'ailleurs que ces surtensions se manifestent par aucune indication sur les appareils qui donnent la tension entre phases. Les dangers que vient de révéler M. Boucherot sont trop réels pour ne pas éveiller chez les distributeurs de sérieuses inquiétudes, si le remède ne survenait pas à bref délai. Heuseusement, M. Boucherot a le mérite de n'être pas seulement le médecin qui diagnostique le mal, mais aussi celui qui guérit, et il y a tout lieu d'espérer que les remèdes qu'il est en train de mettre au point seront efficaces.

M. André LÉAUTÉ. — « Je suis un peu surpris par la grandeur des chiffres de capacité et de self-induction, sur lesquels M. Boucherot a basé ses calculs.

» Pour la capacité des câbles  $4 \times 100 \text{ mm}^2$  à 12 000 volts, M. Boucherot a indiqué 0,2 microfarad par kilomètre. J'ai moi-même beaucoup expérimenté ces temps derniers sur de tels câbles à propos de ma méthode d'essai par résonance, et je n'ai trouvé qu'une moyenne de 0,16 microfarad. Encore ce chiffre est-il relatif à la capacité d'un conducteur par rapport aux trois autres et au plomb, tandis que M. Boucherot considère, si j'ai bien compris, la capacité d'un conducteur par rapport au plomb seul.

» Cette divergence de 0,2 à 0,16 microfarad n'aurait aucune importance si elle ne tendait à accroître les longueurs, déjà si considérables, que doivent avoir les câbles pour donner naissance au phénomène qui vient de nous être signalé. Or, M. Boucherot nous a parlé de 50 km. Des transports souterrains aussi longs, à une

tension aussi faible que 12 000 volts sont rares; si cette longueur devait encore subir une augmentation, même légère, nous entrerions tout à fait dans le domaine de l'exceptionnel.

» Mais l'objection la plus grave concerne le coefficient de self-induction. Le chiffre très élevé de 0,02 henry par kilomètre provient de ce que, pour évaluer ce coefficient, on a déterminé le flux qui traverse un circuit formé par un conducteur du câble et la terre. Comment est constituée cette terre? M. Boucherot l'a schématisée par un fil de connexion extérieure au câble; je suis d'avis, au contraire, que, lorsqu'un point d'un réseau souterrain est mis accidentellement au sol, la plus grande quantité du courant de terre suit le plomb. C'est, d'ailleurs, ce qu'on admet implicitement en faisant figurer dans le calcul la capacité par rapport au plomb. Mais, s'il en est ainsi, le fer de l'armature n'intervient plus ou presque plus, et le coefficient de self-induction doit être réduit d'une manière considérable. Cette réduction a la même conséquence, mais beaucoup plus marquée, que l'augmentation de la capacité.

» Telles sont les deux objections qui se sont élevées dans mon esprit en écoutant la très intéressante Communication de M. Boucherot. Je serais très heureux d'avoir son avis à ce sujet, car je n'ai pu réfléchir à ce qui précède que pendant qu'il parlait. Aussi sont-ce des questions que je pose et non des critiques que je formule. »

M. MASSON. — « En ce qui concerne l'influence des courants dans le plomb, je crois qu'il n'y a généralement pas lieu de distinguer le cas des plombs réunis du cas des plombs séparés.

» A ce point de vue, le problème n'est pas différent de celui du câble monophasé armé.

» Envisageons par exemple un câble monophasé de 50 km de longueur, et admettons une chute de tension inductive de 20000 volts, pour prendre des nombres du même ordre de grandeur que ceux envisagés par M. Boucherot. Ainsi que l'a expliqué tout à l'heure M. Boucherot, le plomb constitue un secondaire de transformateur, et est le siège d'une force électromotrice uniformément répartie de 20000 volts. Si l'on admet en moyenne 4 tronçons de

câble par kilomètre, la force électromotrice est d'environ 100 volts par tronçon.

» Je ne crois pas que, sous cette tension, le plomb puisse fonctionner comme un conducteur isolé. Ou bien il naîtra dans le plomb un courant assez important pour réduire de beaucoup cette tension, et alors un amortissement se produira, ou bien des arcs jailliront entre plomb et feuillard, tout au moins dans la grande majorité des tronçons et à ce moment l'isolement du plomb sera considérablement réduit.

» Les considérations précédentes supposent le système dénué de capacité. Dans ce cas, on peut en effet voir que tant que le courant est faible dans le plomb, la répartition des potentiels est telle que l'on peut considérer les différents tronçons comme des circuits distincts ayant chacun sa force électromotrice propre. Ces conditions initiales me paraissent néanmoins suffisantes pour déterminer l'amorçage d'arcs. Si l'on envisage l'influence de la capacité, on peut voir qu'elle aura aussi pour effet d'amorcer des arcs en particulier dans le cas où le plomb serait assez bien isolé (par exemple, dans le cas où le plomb est entouré lui-même de papier). La question de la répartition des courants et des potentiels devient alors assez délicate: ces arcs ne s'amorcent pas d'ailleurs de la même manière que les précédents.

» D'une façon générale, les arcs entre plomb et feuillard jouent toujours un rôle important dans les accidents de câbles quand une terre se produit, ou quand il se produit un court circuit par l'intermédiaire de la terre. Ces arcs sont d'ailleurs dangereux, parce qu'ils causent des perforations du plomb, sources d'accidents futurs. Je puis citer, en particulier, le cas d'un arc qui avait jailli entre plomb et feuillard dans une usine, le défaut du câble étant à 1 km de là environ. Pour éviter ces arcs, il est indispensable de réunir dans toutes les jonctions, non seulement les plombs entre eux, mais aussi les feuillards avec les plombs.

» Cette précaution n'est peut-être même pas suffisante, et il y aurait intérêt à établir tout le long du câble un contact entre plomb et feuillard, à l'aide d'un fil métallique enroulé en même temps que le filin. Néanmoins, le contact ainsi réalisé étant soumis à

l'influence de l'humidité, il y a lieu de se demander s'il n'aurait pas d'effet nuisible au point de vue de l'électrolyse. »

M. BOUCHEROT. — « L'heure est très avancée et la chaleur accablante; je suis très fatigué et n'ai pas bien saisi la portée des objections de ces Messieurs. J'y répondrai par une Note quand j'aurai pris connaissance de leurs observations écrites.

» *Note.* — C'est avec satisfaction que je vois des praticiens du câble armé comme MM. A. Léauté et Masson discuter ma Communication : j'aime mieux cela que de voir accueillir avec indifférence les résultats auxquels je suis arrivé.

» J'ai en effet un peu exagéré, dans le but de l'arrondir, le chiffre qui m'a été donné pour la capacité linéique : 0,19 microfarad par kilomètre pour câble de 10 000 volts; par contre, j'ai réduit d'au moins 10 pour 100 celui trouvé expérimentalement pour la self-inductance, dans le même but. J'ai arrondi ces chiffres parce que je n'ai eu comme objectif que de donner des indications générales : j'ai prévenu que mes résultats numériques n'avaient aucune prétention à une exactitude rigoureuse. Mais ceci est sans importance....

» Je m'étonne que M. A. Léauté trouve qu'une longueur de 50 km pour l'ensemble des câbles branchés sur une usine soit excessive : il y en a plus que cela sur plusieurs usines voisines de Paris, et il y en a plusieurs centaines de kilomètres dans Paris même (plus de 450 km d'après M. Imbs). Probablement n'a-t-il en vue que les cas représentés en figures 6 et 8, tandis qu'il faut plutôt envisager, comme plus fréquents, ceux des figures 7 et 9.

» En particulier, l'accident auquel j'ai fait allusion, et qui m'a conduit à cette conception, s'est produit sur un réseau voisin de Paris : il y avait une vingtaine de kilomètres pour le câble « self » et une trentaine pour les câbles « capa ».

» J'arrive à ce que M. Léauté a appelé l'objection la plus grave. J'admets provisoirement avec lui la continuité du plomb. Il est d'avis que la plus grande partie du courant de terre suit le plomb : soit ! Appelons  $J'$  cette partie, sans nous préoccuper de savoir si c'est la plus grande ou la plus petite, et appelons  $J$  celle qui, dans



le cas de la figure 1 par exemple, s'en va rejoindre le câble 1. Le courant  $J'$  rentre dans le câble 2 par le plomb et retrouve le conducteur  $B_2$  par capacité : il ne donne pas de flux dans l'armure ; le courant  $J$  donne seul du flux dans l'armure, mais seul aussi il rentre par les capacités du câble 1, et seul par conséquent il est à considérer comme courant de résonance. Le courant  $J'$  ne joue pas plus de rôle dans le phénomène de résonance que celui que débite l'alternateur dans les appareils récepteurs branchés entre  $A_2$  et  $B_2$ . Autrement dit, la self-inductance est de 0,0005 henry par kilomètre pour le courant  $J'$  et de 0,02 henry par kilomètre pour le courant  $J$  : elle n'est donc pas changée en ce qui concerne le courant qu'il y a réellement à considérer dans le phénomène donnant la surtension.

» Et maintenant, croit-on vraiment à la continuité du plomb ? Cette question m'amène à examiner les observations de M. Masson qui ne semble croire à la continuité du plomb que par l'intermédiaire d'arcs plus ou moins nombreux.

» Je pense que c'est bien ainsi qu'il le dit que les choses se passent. Ces arcs, je les ai constatés aussi et j'y ai fait allusion au début de ma Communication. Ne sont-ils pas une preuve des surtensions que j'indique ?

» Je diffère cependant d'avis avec M. Masson au sujet de l'amortissement réalisé, dès lors que le secondaire du transformateur se ferme par ces arcs et la terre. S'il y a beaucoup de mauvais contacts, il y aura beaucoup d'arcs et la résistance sera trop grande pour que la réaction des courants soit efficace.

» Et même s'il y en a peu, une question se pose : quand la surtension s'est développée suffisamment pour produire ces arcs, n'a-t-elle pas détérioré déjà l'alternateur aussi ? L'amortissement par les arcs n'arrive-t-il pas... comme les carabiniers ?

» Pour me résumer, je ne pense pas avoir à modifier ma Communication. Il me reste plusieurs choses à rechercher. J'ai commencé, en particulier, la recherche de ce qui se passe lorsque la continuité du plomb est parfaitement assurée, en tenant compte de sa résistance et de sa déperdition uniformément réparties. Mais le problème est tellement compliqué que je ne pourrai faire connaître un résultat que dans quelques mois, et je ne serais pas surpris

que ce résultat soit très peu différent de celui obtenu sans ces complications.

M. le PRÉSIDENT adresse également ses remerciements à MM. André Léauté et Masson de la discussion qu'ils ont instaurée.

## SUR UN PARATONNERRE AU RADIUM.

### INTRODUCTION.

M. B. SZILARD. — « La plupart des savants sont d'accord que les manifestations électriques de l'atmosphère, vu leur nature intermittente, ne peuvent être que le résultat d'une accumulation lente, mais permanente, de faibles charges déjà existantes et en évolution constante; et qu'elles peuvent être aussi la conséquence d'un effet dynamique que des nappes aériennes faiblement chargées exercent les unes sur les autres lorsqu'elles sont rapidement déplacées.

» Si ces faibles charges n'existaient pas ou s'il y avait un calme absolu dans l'atmosphère, les orages n'existeraient pas et il en serait de même si l'air n'était pas un diélectrique, mais conducteur.

» Il s'ensuit que, si nous pouvons constamment ralentir l'évolution des particules chargées et, en rendant l'air conducteur, faciliter leur compensation réciproque, nous diminuerions la fréquence et l'effet des manifestations.

» Le paratonnerre à pointe, qui n'a d'ailleurs été préconisé dans ce sens que récemment, ne peut remplir ces fonctions; cet instrument en effet ne provoque un écoulement appréciable d'électricité qu'à condition que l'électricité atmosphérique tende à provoquer des décharges disruptives, et cela même lorsqu'on emploie des pointes fines et multipliées.

» De plus, pour qu'une influence efficace soit exercée, il faut que la différence de potentiel entre la pointe et la nappe d'air chargée soit supérieure à celle qui existe entre cette dernière et un conducteur quelconque indépendant du voisinage. On ne peut donc guère conclure à un effet préventif d'un paratonnerre ordinaire, lequel n'offre, en outre, une protection vraiment efficace que dans un rayon limité et seulement lorsque les manifestations électriques ont déjà acquis un certain développement.

» La pointe peut donner et elle a déjà donné d'excellents services dans la protection directe contre les effets violents; j'espère que, par le moyen préconisé par moi, non seulement le rendement de cette

action pourra être amélioré, mais encore on arrivera à produire un effet préventif.

» Le moyen que je préconise, c'est de rendre l'air conducteur en l'ionisant. J'ajoute de suite que cette idée est loin d'être nouvelle. Dans les *Notices scientifiques* d'Arago <sup>(1)</sup>, nous lisons que nos ancêtres se défendaient contre l'orage et la foudre par de grands feux allumés en plein air. L'effet de ce moyen peut être attribué à l'ionisation de l'atmosphère par les ions de flammes.

» Je préconise cette ionisation, non pas par les ions de flammes, mais par les rayons du radium.

» Par un dispositif convenable, on peut espérer tirer profit, non seulement directement de cet effet, mais encore d'autres propriétés des rayons du radium, de leur influence qu'ils exercent sur la décharge électrique disruptive.

#### **Influence des rayons du radium sur la conductibilité électrique de l'air.**

» Pour vous rendre plus évident mon raisonnement, avant d'aller plus loin, je me permettrai de vous rappeler en quelques mots les principales propriétés des rayons de Becquerel (émis par des substances radioactives), notamment de celles qui m'ont conduit à leur application pour les paratonnerres. Je fais remarquer de suite qu'à notre point de vue les trois espèces de rayons ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) ont une importance presque égale, et dans l'application qui sera décrite, pour ainsi dire, chaque espèce trouvera son rôle : les rayons de grande absorbabilité dans les actions locales et les rayons peu absorbables dans les actions à distance.

» La première propriété importante des rayons électrisés est de rendre les gaz conducteurs d'électricité, et cela déjà à la pression atmosphérique. Cette conductibilité, très faible par rapport à celle des corps solides ou liquides, même considérés comme mauvais conducteurs, obéit à une loi toute particulière, semblable en quelque sorte à celle qui régit la conductibilité des gaz raréfiés.

» Elle suit la loi d'Ohm, tant que la différence de potentiel appliquée est faible; en augmentant celle-ci, l'intensité du courant

---

<sup>(1)</sup> *Oeuvres complètes de François Arago*, 2<sup>e</sup> édition : *Notices scientifiques*, I, t. IV, §2, p. 311.

n'augmente plus dans la même mesure qu'au début et atteint bientôt une limite appelée « courant de saturation »; ce courant-limite correspond à un régime de voltage assez étendu, lequel, une fois dépassé, donne lieu, à son tour, à un troisième état de conductibilité où l'intensité du courant augmente très vite avec le potentiel. Cette troisième phase est appelée « ionisation par choc ».

» La courbe ci-dessous représentée (*fig. 1*) fait voir l'allure des trois phénomènes.

» Quant à l'ordre de grandeur de ces phénomènes, celui-ci dépend de nombreux facteurs, ainsi que de la pression, de la nature

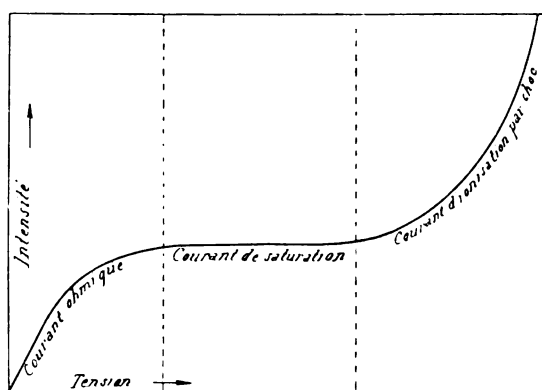


Fig. 1.

des rayons émis par les substances, de la distance mutuelle des électrodes, etc., facteurs que notre cadre actuel ne nous permet pas de traiter ici.

» L'intensité du courant varie naturellement avec l'intensité des rayons ou, ce qui y équivaut dans le cas particulier, avec la quantité de substance active utilisée et, de plus, puisque certains de ces rayons sont très absorbables, avec l'étendue de la surface sur laquelle la quantité donnée de matière est exposée. La courbe 2, extraite du livre de Rutherford, concerne un cas pratique et fait voir quantitativement l'allure du phénomène lorsque les électrodes sont constituées par deux plateaux métalliques de grand diamètre parallèlement disposés l'un sur l'autre, leur distance mutuelle étant de 4,5 cm; la surface du disque couverte du sel de radium fraîchement préparé est de 33 cm<sup>2</sup>; le disque est placé sur

le plateau inférieur et la quantité de substance correspond à  $\frac{1}{10}$  de milligramme de bromure de radium environ. Dans ces conditions, le régime du courant de saturation est atteint vers 600 volts environ et l'intensité est de l'ordre du centième de microampère ( $10^{-8}$ ).

» A la pression atmosphérique et jusqu'à la dernière limite du régime de voltage du courant de saturation, la conductibilité de l'air acquise sous l'influence des rayons de Becquerel est donc

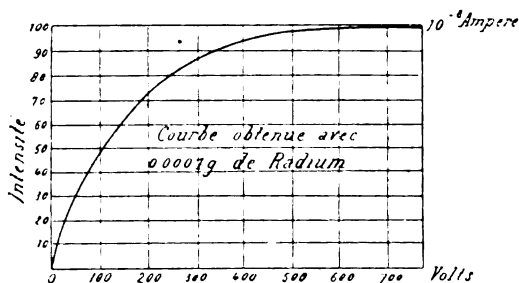


Fig. 2.

assez faible; d'autre part, on constate que la forme et la nature des électrodes restent sans influence. Il n'en est plus ainsi si le potentiel est suffisamment élevé pour provoquer la troisième phase.

» Le potentiel nécessaire pour produire celle-ci, étant proportionnel à la pression, est assez bas à faibles pressions et relativement élevé à la pression ordinaire; il dépend d'ailleurs aussi de la forme et de la nature des électrodes. Les deux circonstances proviennent du fait que ces potentiels sont déjà voisins au potentiel explosif; aussi le phénomène présente beaucoup d'analogie avec la décharge ordinaire, avec la différence importante que les potentiels nécessaires pour produire les mêmes effets sont bien plus faibles dans ce cas.

» Cette décharge peut être divisée comme celle-là en trois périodes assez distinctes l'une de l'autre. La première consiste en un courant montant très rapidement avec le potentiel et correspondant à la décharge obscure; la deuxième période peut être accompagnée d'un effet légèrement lumineux entourant les électrodes; c'est un état qui correspond à celui qui précède à l'aigrette en conditions normales. La troisième période est caractérisée par

la formation de l'étincelle; c'est donc une véritable décharge disruptive, mais qui a lieu, comme les deux premières périodes de la troisième phase, sous un régime de voltage tel qui n'aurait pas pu prévoir cet état en conditions normales.

» Ce dernier phénomène est connu sous l'effet de la « diminution du potentiel explosif » ou encore « amorçage de l'étincelle » par les rayons de Becquerel; il a été découvert par Elster et Geiter <sup>(1)</sup> et étudié par Curie <sup>(2)</sup>.

» D'après les études de Moreau <sup>(3)</sup>, dans le cas de petites longueurs d'étincelles (de 0,5 à 2,5 mm) jaillissant entre deux boules d'un diamètre de 1 cm, on peut constater :

» 1° Que le potentiel explosif peut être abaissé de moitié;

» 2° Qu'en outre, l'abaissement explosif varie avec la distance explosive et qu'il est maximum pour une certaine longueur d'étincelle;

» 3° Que les métaux ont une sensibilité différente et que le platine est le plus sensible;

» 4° Que l'action du radium sur le potentiel explosif est localisée sur le voisinage direct des électrodes et, enfin :

» 5° Que les rayons les plus actifs sont les rayons les plus pénétrants.

» A part ces observations, ce sont encore celles de Pringsheim <sup>(4)</sup> qui nous intéressent tout particulièrement. Cet auteur ayant étudié le potentiel minimum de décharge par pointes a constaté qu'en approchant du radium du voisinage de la pointe, celle-ci, avant que la décharge continue ait lieu, donne naissance à une série de petites décharges.

» Depuis, plusieurs auteurs ont repris cette étude et ils ont constaté que la charge disruptive transportée sous l'effet des rayons de Becquerel peut devenir très intense, d'après Geiger <sup>(5)</sup> 10 fois plus forte que celle transportée sous l'effet du courant

---

(1) ELSTER et GEITER, *Annalen der Physik*, 1899.

(2) CURIE, *Thèse de M<sup>me</sup> Curie*, Paris, 1903.

(3) MOREAU, *Journal de Physique*, 1909.

(4) PRINGSHEIM, *Annalen der Physik*, t. XXIV, 1907, p. 145.

(5) GEIGER, *Le Radium*, 1913, p. 316.

de saturation. Cet auteur a travaillé dans des conditions suivantes : 1000 à 1500 volts avec une distance de 0,8 à 1 cm entre les électrodes, donc dans des circonstances où il n'y avait pas encore formation de véritables étincelles; il s'ensuit que les pointes sont très sensibles aux radiations.

#### Les effets du paratonnerre au radium.

» Ce sont surtout ces considérations qui m'ont conduit à la construction d'un paratonnerre faisant intervenir les propriétés des rayons radioactifs contre les manifestations électriques de l'atmosphère.

» Voici les effets qu'on pourrait attendre d'un paratonnerre ordinaire muni d'un écran garni de radium et placé sous la pointe :

» Comme conséquence immédiate, la couche d'air environnant l'écran devient, suivant la quantité de la substance employée, plusieurs millions de fois plus conductrice d'électricité que d'habitude. Cette conductibilité, assurée même à une distance considérable de la pointe, abaisse fortement le potentiel normal de l'atmosphère et effectue en même temps un échange d'électricité entre les différentes couches superposées.

» Simultanément, un écoulement d'électricité se produit entre l'atmosphère et la terre, et cela non plus par décharges brusques, irrégulières, limitées à une seule pointe, mais par un courant constant ininterrompu passant à travers une nappe d'un rayon de plusieurs dizaines de mètres; *la conductibilité progressive de l'air vers la pointe concentre l'écoulement dans sa direction.*

» Cet écoulement sera d'ailleurs, en raison de la loi de conduction électrique des gaz ionisés, d'autant plus intense que le potentiel régnant sera plus élevé.

» Les rayons radioactifs, comme nous l'avons vu, ont aussi la propriété d'abaisser le potentiel explosif.

» Si alors, malgré le débit constant, la tension du milieu arrivait à monter à un potentiel tel qu'une décharge disruptive se produise, celle-ci jaillira lorsqu'elle sera encore faible et bien avant qu'elle ait pris naissance dans des conditions normales. Ces étincelles pourront être amorcées, même à longue distance, mais jailliront



de préférence sur le paratonnerre où la conductibilité de l'air les conduira naturellement.

» Enfin, si malgré toute action préventive les grosses décharges arrivaient à prendre naissance, *elles subiront à la fois l'effet de la conductibilité augmentée de l'air qui les transportera d'une distance assez considérable au paratonnerre, et l'effet de l'amorce qui les fera jaillir dans un état primitif de développement lorsque leur efficacité est encore moindre que ne serait celle de l'étincelle non amorcée.*

» La grosse masse d'air ionisée autour de l'écran peut être considérée comme un prolongement de celui-ci, et lui assurerait ainsi un grand rayon d'action. L'air ionisé dans le voisinage de la pointe, effectuant un contact intime entre la pointe et l'atmosphère, jouerait en outre le même rôle que les ramifications de la prise de terre (perd-fluide) qui ont pour but d'établir un contact aussi intime que possible entre le paratonnerre et la terre.

» On pourrait espérer combattre ainsi avec plus d'efficacité que jusqu'ici les manifestations électriques en réduisant leurs facteurs et en diminuant leur effet.

#### Le paratonnerre d'essai.

» Pour rendre l'étude du paratonnerre au radium aussi commode que possible, j'ai construit un appareil portatif facilement démontable (*fig. 3*).

» Celui-ci consiste en trois tubes de laiton I, I', I'' s'emboîtant les uns dans les autres et ayant une longueur totale de 3,50 m environ, laquelle peut être réduite à volonté.

» Cette série de tubes est montée sur un support massif en ébène Y (hauteur, 300<sup>mm</sup>; diamètre, 70<sup>mm</sup>) qui repose sur un socle en fonte S pouvant être fixé dans le sol d'une façon appropriée. Le tout peut se placer dans un étui d'une faible hauteur et ne pèse que 10 kg environ.

» Sur l'extrémité supérieure de l'appareil s'applique une couronne de trois pointes A, et en dessous de celle-ci un écran E portant la substance radioactive.

» Cet écran, légèrement bombé vers le haut, est construit en cuivre rouge d'une épaisseur de 2 mm environ et d'un diamètre

de 250 mm. La substance active est fixée sur la partie supérieure sous forme d'un ruban R circulaire d'une largeur de 20 mm, disposé concentriquement au centre et à égale distance environ des bords.

» La quantité de radium incorporée était dans le cas particulier

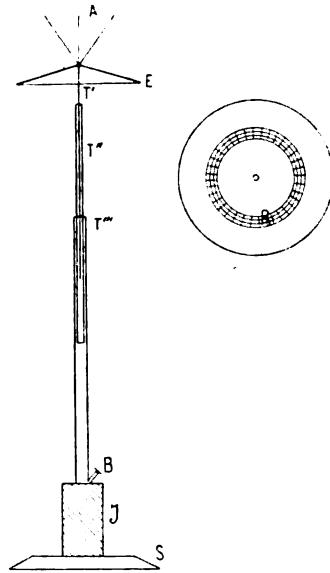


Fig. 3.

correspondante à 2 mg de bromure de radium, après un essai avec une quantité correspondant à 0,2 mg.

» Il est de toute importance de pouvoir construire de tels écrans résistant à l'action de la pluie et aux changements de température.

» La substance active précipitée par l'électrolyse à la surface de l'écran donne de bons résultats. On arrive aussi à combiner le radium avec un émail adhérent à la surface de l'écran : c'est à cette méthode que je me suis arrêté de préférence, quoique par ce procédé on n'obtienne surtout que des rayons bêta et gamma.

» La tige du paratonnerre peut être reliée au moyen d'une borne B au dispositif de mesure.

### Montages de mesures.

» Le dispositif de mesure que j'ai créé permet de suivre d'une façon quantitative et les données du *courant de déperdition* passant de l'instrument à l'atmosphère et celles du *courant de charge* provenant de l'atmosphère au paratonnerre.

» Jusqu'ici j'ai travaillé surtout avec les deux montages représentés ci-dessous.

» Le premier dispositif (*fig. 4*) est destiné à la détermination

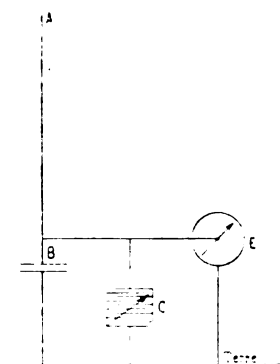


Fig. 4.

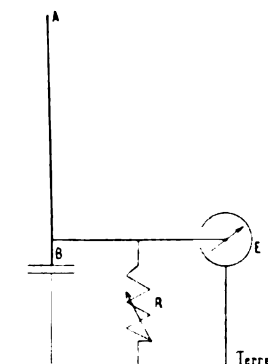


Fig. 5.

des données du courant de déperdition. Le paratonnerre AB est relié au cadran de l'électromètre E dont la cage et l'aiguille sont au sol. Un condensateur à capacité variable C est disposé parallèlement dans le circuit, de sorte que l'une de ses armatures communique avec le paratonnerre isolé (en I) et l'électromètre, l'autre armature étant au sol.

» En chargeant l'ensemble à un potentiel V, en variant ensuite la capacité C du condensateur de sorte que cette tension indiquée par l'électromètre soit maintenue, de la grandeur de la charge dissipée et du temps on calcule aisément la grandeur du courant :

$$i = \frac{\frac{CV}{300} - \frac{CV'}{300}}{t} \text{ U. E. S.}$$

» Le second montage (*fig. 5*), similaire en outre au précédent, comprend, en place du condensateur, une résistance réglable R

construit suivant le principe de Bronson. Cette résistance relie au sol le système paratonnerre-électromètre.

» On détermine l'intensité du courant de charge arrivé à l'appareil, en variant la résistance de telle sorte que le potentiel indiqué par l'électromètre reste constant. Dans ces conditions, l'intensité du courant de charge sera égale à celle qui franchit la résistance; celle-ci étant étalonnée au préalable, on lit directement ces valeurs.

### Les instruments de mesures.

» Les instruments de mesures ci-dessus mentionnés sont tous d'un volume et d'un poids réduits et parfaitement transportables.

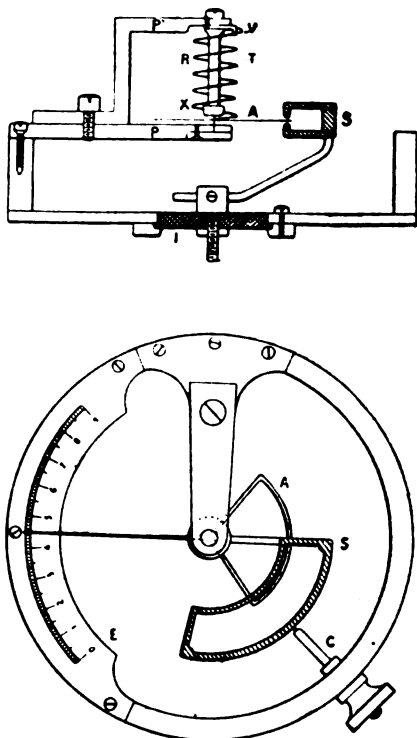


Fig. 6.

» Les électromètres utilisés sont des appareils portatifs, de très faibles dimensions, leur aiguille indicatrice est rigide et leur échelle est à lecture directe en volts. La capacité de l'un des

types <sup>(1)</sup> est (*fig. 6*) de 2 U. E. S. Cet appareil permet la mesure du voltage entre 250 et 1000 volts. L'inertie de son aiguille est excessivement faible; cette aiguille, malgré sa longueur totale de 50 mm, ne pèse que 1 cg. L'autre type <sup>(2)</sup> d'électromètre est

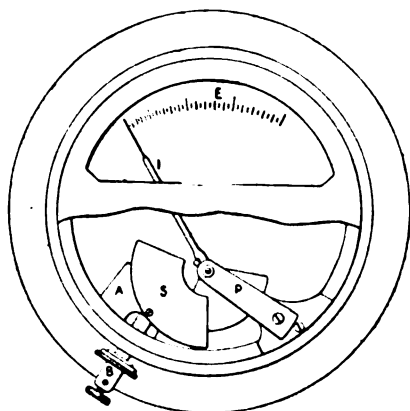
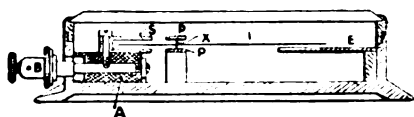


Fig. 7.

plus sensible au volt (*fig. 7*) (échelle entre 100 et 300 volts divisés de volt en volt), tandis que sa capacité est de 6 U. E. S.

» On arrive à travailler avec ces instruments avec une précision de 1 pour 100.

» Le condensateur à capacité variable est similaire à celui employé dans la T.S.F. Son isolement entre les armatures est constitué par l'air, les isolements constructifs en ambre. L'armature est constituée par des plateaux métalliques découpés en demi-cercles accouplés en deux séries dont une mobile et solidaire d'une manivelle portant une aiguille; cette dernière indique sur une échelle l'angle des surfaces mutuellement couvertes par les lames d'armature. L'ensemble est monté dans un récipient en verre hermétiquement clos et protégé par une maille métallique contre les influences électrostatiques.

---

<sup>(1)</sup> Voir les détails dans les descriptions originales : *C. R. Acad. Sc.*, nov. 1903.

<sup>(2)</sup> *C. R. Acad. Sc.*, mars 1904.

» Enfin, la résistance variable est constituée par une chambre d'ionisation portant en haut et en bas un plateau isolé à l'ambre (voir la figure 8). Le plateau inférieur porte une quantité définie de substance radioactive et il est relié à l'électromètre. Comme

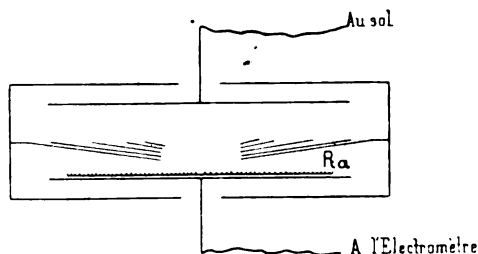


Fig. 8.

substance active pour les faibles courants, il convient d'employer le radioplomb pour les courants plus forts, le radium fixé sous forme d'émail sur le plateau métallique. Les sels simplement étendus sur le plateau ne conviennent point; ils ne sont pas transportables et l'émanation qu'ils dégagent ne permet pas le travail sûr et régulier.

» Le plateau supérieur isolé est relié au sol.

» En son plan horizontal, la chambre d'ionisation est divisée en deux parties inégales par une cloison constituée par un diaphragme métallique en œil-de-chat dont l'ouverture est réglable de l'extérieur.

» Le faisceau de rayonnement envoyé dans la chambre d'ionisation pouvant être limité par le réglage de l'œil-de-chat, on varie à volonté la conductibilité de l'air, entre les limites données.

» Une aiguille disposée à l'extérieur et solidaire du diaphragme indique le diamètre de l'ouverture auquel la conductibilité de l'air ionisé est à peu près proportionnelle. L'étalonnage préalable de l'appareil permet de connaître la valeur précise de l'intensité correspondant à chaque ouverture et chaque voltage.

» Un autre montage que j'ai nouvellement réalisé rend les mesures encore plus commodes. Celui-ci consiste en un électromètre gradué en volts et un microampèremètre parfaitement transportable dont les isollements sont perfectionnés pour pouvoir fonctionner sous un régime de voltage assez élevé.

» Ce microampèremètre est également à aiguille et à lecture

directe permettant de déceler le  $\frac{1}{20}$  d'un microampère; son échelle totale comprend 5 microampères.

» Avec l'électromètre et le microampèremètre, on peut donc étudier, entre certaines limites, soit le courant de charge arrivé au paratonnerre, soit le courant de décharge; les mesures improvisées deviennent très simples, puisque les deux instruments peuvent être accouplés au paratonnerre à n'importe quel moment et ils indiquent simultanément et la tension et l'intensité.

### Considérations et expériences.

» En résumé, voici les courbes représentant approximativement l'allure générale de l'action d'un paratonnerre au radium comparativement à celle à pointe (voir la figure 9). La courbe A repré-

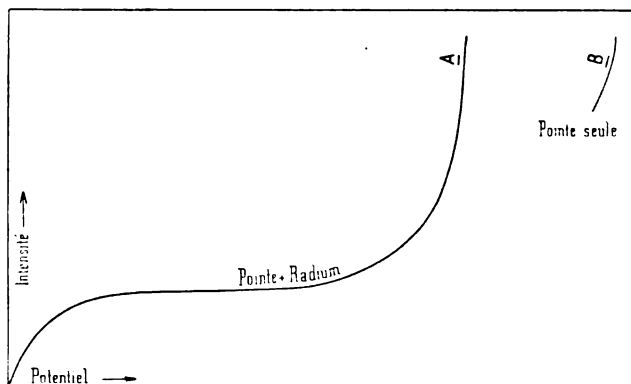


Fig. 9.

sente, en fonction du voltage, l'intensité du courant qui traverse le paratonnerre au radium; nous voyons que l'action commence déjà au potentiel initial, tend vers une limite pour monter brusquement ensuite. Sur la courbe B nous voyons que l'action de la simple pointe commence à un potentiel tel que la même décharge sous l'influence du radium n'aurait pas atteint dans les mêmes conditions.

» Ce fait est d'une très grande importance au point de vue pratique, car dans l'atmosphère les charges accidentelles sont toujours le résultat d'une évolution. Le paratonnerre au radium peut exercer ainsi son influence dès le début de cette évolution et le cas

échéant empêcher non seulement la formation de la décharge, mais encore l'influence de celle-ci sur les couches de nappes aériennes en mouvement.

» En ce qui concerne les rayons d'action, ils sont assez difficiles à étudier comparativement, étant donné que la définition de cette action n'est pas suffisamment claire. En effet, le rayon d'action est très faible si nous appelons ainsi la distance maxima jusqu'à laquelle le paratonnerre exerce une influence quelconque électrique sur l'atmosphère et tout aussi faible si nous considérons ainsi son action protectrice absolue, celle-ci étant tout aussi mal définie. On peut dire, je crois, que, dans le cas du paratonnerre à pointe, ces deux rayons se confondent ou à peu près.

» Il n'en est pas ainsi dans le cas du paratonnerre au radium. De ce qui vient d'être dit ci-dessus on peut conclure que son action protectrice absolue est d'autant de fois plus forte que l'abaissement explosif exercé par les rayons de la substance employée.

» Quant à la distance maxima jusqu'à laquelle il y a une influence électrique quelconque, elle peut être très notable.

» En effet, les rayons gamma du radium sont très pénétrants et peuvent ioniser ainsi des masses d'air assez éloignées.

» La courbe ci-dessous (*fig. 10*) représente l'absorption de ces

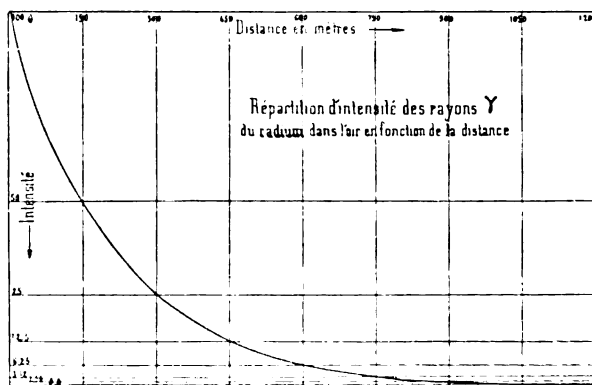


Fig. 10.

rayons, en fonction de l'épaisseur de la couche d'air absorbante. Nous voyons qu'il faut une couche d'air d'une épaisseur de 150 m pour diminuer l'intensité du rayonnement de moitié. Il faut



cependant ajouter que l'intensité du rayonnement diminue aussi avec le carré de la distance.

» Comme règle générale, nous pouvons dire que la distance où un paratonnerre au radium n'offre plus de bénéfice par ses rayons gamma, c'est une distance telle où la conductibilité naturelle de l'air se confond avec celle due aux rayons gamma de la substance appliquée sur le paratonnerre. Cette distance dépend donc indirectement de la quantité de substance employée.

» La courbe ci-dessous (fig. 11) compare schématiquement

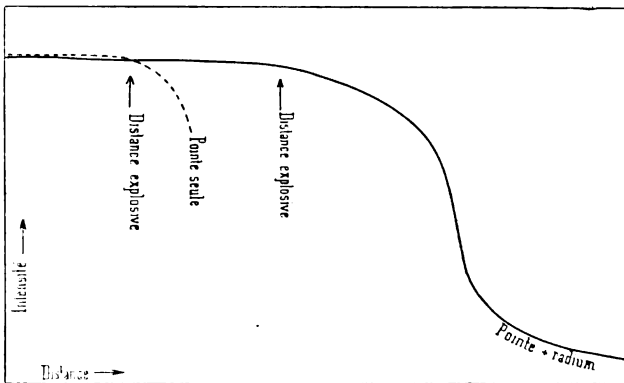


Fig. 11.

l'action du paratonnerre à pointe avec celle du paratonnerre au radium, en fonction de la distance et pour un potentiel explosif donné.

» Avec le paratonnerre relié au dispositif de mesure on peut faire les expériences qualitatives suivantes :

» En faisant fonctionner une petite machine statique dans le laboratoire où l'appareil se trouve, on arrive à faire dévier l'aiguille de l'électromètre relié avec le montage, même à une distance de 4 m à 5 m.

» En remplaçant l'électromètre par un tube de Geissler sensible, il s'illumine. Ces expériences réussissent beaucoup mieux en plein air que dans un laboratoire, mais ne réussissent en aucun cas en retirant l'écran au radium de l'appareil, *toutes choses égales d'ailleurs*.

» En exposant le dispositif à l'air libre à un endroit bien dégagé ou bien proéminent, on voit l'aiguille dévier brusquement, puis

revenir pour repartir de nouveau et le tube de Geissler s'illuminer. Cette expérience a été faite dans un air relativement calme, alors que le paratonnerre sans l'écran ne donnait aucun résultat.

» L'intensité du courant constamment transmis par le dispositif, en employant l'écran à 2 mg de radium, est très variable et de l'ordre de  $10^{-6}$  à  $10^{-7}$  ampère, alors que le courant vertical transmis par l'air à l'état normal est de l'ordre de  $10^{-16}$  ampère. L'ordre de grandeur se trouve donc augmenté de  $10^{-9}$ , soit au moins un milliard de fois.

» Ce chiffre ne tient pas compte du courant transmis sous forme de décharge disruptive que le dispositif de mesure actuel n'a pas pu mesurer.

» Le résultat des mesures varie en général suivant qu'on travaille avec charge positive ou négative, et les expériences comparatives sont d'autant plus difficiles que les pointes seules, sans radium, réagissent aussi dans certaines conditions.

» Ceci est d'autant plus facile à comprendre que nous avons vu que la façon dont le courant se comporte aux tensions élevées n'est plus quelquefois qu'une question quantitative, mais qui peut cependant avoir une importance très grande.

» De plus, avec les mesures de charge, on se rend difficilement compte de l'effet total dont on bénéficie, étant donné qu'on ne mesure que le courant qui passe de l'atmosphère au paratonnerre, alors que la conductibilité provoquée par les rayons est manifeste, même à longue distance; de cette façon l'échange d'électricité entre les particules, les nappes aériennes et objets éloignés échappent aux mesures. D'ailleurs, avec certains dispositifs de mesure, ceci est aussi mesurable et en tout cas on peut calculer l'effet total dû aux rayons gamma, grâce à la formule connue

$$i = \int_0^{\infty} i_0 e^{-\lambda x} dx = \frac{i_0}{\lambda},$$

où  $i_0$  est l'intensité à la surface et  $\lambda$  le coefficient d'absorption. Ce dernier étant très petit pour les rayons gamma et pour l'air, la valeur de  $\frac{i_0}{\lambda}$  doit être très grande.

» Avec les dispositifs de mesure ci-dessus exposés, je me propose d'étudier ces circonstances de très près.

### Conclusions.

» En partant des considérations et expériences ci-dessus exposées, je crois que les essais méritent d'être poussés plus loin.

» Je sais fort bien que si les essais de laboratoire étaient difficiles, les expériences pratiques le seraient bien davantage, les démonstrations étant plus difficiles.

» Je crois cependant que rien ne s'oppose aux essais pratiques, étant donné surtout que le prix de la quantité de radium nécessaire pour ces appareils ne dépasse point les limites usuelles.

» Il est important de signaler, au point de vue de l'économie, que n'importe quel bon paratonnerre déjà existant se transforme facilement en paratonnerre rayonnant, en le munissant de l'écran et des pointes nécessaires.

» Les gros paratonnerres, établis en grand nombre comme grêliluges en France dans les régions orageuses de viticultures, se prêteraient particulièrement bien aux observations pratiques.

» Je tiens enfin à signaler que l'application des principes que je viens d'exposer ne se borne point à celle que j'ai décrite. On peut tirer profit de ces principes également dans la construction des limiteurs de tension et parafoudres industriels, problème si important dans l'exploitation des réseaux téléphoniques et de transport de force motrice. La forme constructive à donner à l'appareil serait bien entendu différente de celle qui vient d'être exposée. L'étude d'un tel appareil est en cours.

» En terminant, je ne peux pas m'empêcher de citer qu'il y a 60 ans, Becquerel, Pouillet et Cagnard de Latour, dans un rapport présenté à l'Institut, se plaignaient ainsi : « Il y a maintenant un » siècle que pour la première fois on essaya les paratonnerres, mais » leur efficacité ne pouvait pas être admise sans contradiction ; les » ignorants ne pouvaient pas croire que quelques baguettes de » fer, ajustées d'une certaine manière, fussent capables de maîtriser la puissance de la foudre.... »

» Est-ce qu'il en sera de même avec le parafoudre au radium ? »

M. Paul Besson. — « Messieurs, devant l'intérêt qu'a suscité la Communication de mon ami Szilard, je me félicite de l'avoir poussé à la faire et je remercie le Bureau de la Société internationale des Électriciens de son aimable insistance à son égard.

» J'avais pensé, en effet, qu'en dehors des présentations à l'Académie des Sciences et à la Société française de Physique il était bon de montrer des applications industrielles à une Société comme la nôtre, alors même qu'elles n'étaient qu'à leur début.

» Je me souviens que dès 1901 à la Société des Ingénieurs civils de France, je présentais une première application du radium: c'étaient des tubes lumineux au sulfure de zinc et au radium qui, peu de temps après, étaient utilisés et le sont encore pour des appareils de pointage de torpilles; c'était une boussole au cadran lumineux; cette dernière application s'est généralisée dans les montres. Au cours d'une Communication que j'eus l'honneur de faire l'an dernier, toujours à la Société des Ingénieurs civils, j'ai pu présenter deux premières applications de la radioactivité dues à M. Szilard.

» Pour beaucoup, ces travaux semblent ne pas pouvoir dépasser le cadre du laboratoire, tant il semble chimérique d'utiliser un corps aussi cher et aussi rare.

» S'il est certain que le radium coûte un prix qui semble excessif aux environs de 400 000 fr le gramme de bromure hydraté, il n'est pas moins vrai que l'unité de poids de 1 mg permet une action ionisante intense. M. Szilard vous a parlé d'effets importants obtenus avec  $\frac{1}{10}$  de milligramme.

» D'autre part, le radium, par sa conservation quasi perpétuelle, peut être considéré comme un véritable outillage dont l'amortissement peut être très lent.

» C'est là un facteur économique qui est de première importance. J'ai une confiance invincible dans le succès du radium dans l'industrie. Quand je vois le chemin parcouru depuis les temps héroïques de 1899 à 1903 qui précédèrent le prix Nobel donné à Becquerel et Pierre Curie, époque où je faisais traiter 3 à 4 tonnes de résidus de pechblende par an pour en extraire de 600 à 800 mg à la situation actuelle où dans l'usine de la Société de Traitements chi-

miques à l'île Saint-Denis, nous sommes montés pour traiter 3000 tonnes de minerais par an et pour en tirer de 10 à 12 g. Quand je vois que, d'ores et déjà, nous avons envisagé des doublements et même davantage, que notre industrie représente plusieurs millions de francs à l'exportation, je ne puis devant un pareil précédent, qui prouve qu'on trouve en France des personnes qui consentent à faire de l'industrie chimique, qu'attendre avec foi de l'industrie électrique la même initiative.

» Elle viendra, j'en suis sûr, et n'attendra pas que les grandes sociétés allemandes nous retournent sous différents emplois le radium que nous leur aurons fourni. »

M. CLAUDE signale, à propos de l'intéressante Communication de M. Szilard, qu'il a combiné avec M. de Beaufort des parafuldres à néon très efficaces, sur lesquels il reviendra ultérieurement.

M. le PRÉSIDENT remercie MM. Szilard, Besson et Claude.

La séance est levée à 23 h 5 m.

### INFORMATIONS.

---

**Circulaire du 10 juin 1914 sur l'adoption de couleurs uniformes pour la représentation des canalisations électriques sur les plans annexés aux demandes de concession ou de permission de voirie.**

Mon attention a été appelée sur l'intérêt que présenterait l'adoption de couleurs uniformes pour la représentation des diverses canalisations d'énergie électrique sur les plans annexés aux projets d'exécution qui sont communiqués pour avis aux services intéressés, par application de l'article 14 de la loi du 15 juin 1906 et des articles 31 et 33 du décret du 3 avril 1908.

Les tracés en couleur sont déjà utilisés par de nombreuses Sociétés industrielles pour la représentation des canalisations de toute nature figurant dans les plans et l'adoption de couleurs uniformes serait de nature à hâter l'examen des dossiers.

Après entente avec M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes et conformément à l'avis émis par la Commission des Distributions d'énergie électrique, j'estime qu'il y a lieu de fixer comme suit le choix des couleurs à adopter :

*Canalisations faisant l'objet de la demande.* — 1<sup>re</sup> catégorie : *bleu* (ou blanc sur les plans tirés en bleu); 2<sup>e</sup> catégorie : *rouge*.

*Canalisations préexistantes.* — 1<sup>re</sup> catégorie : *jaune*; 2<sup>e</sup> catégorie : *terre de Sienne*.

*Lignes télégraphiques et téléphoniques.* — *Vert*.

Les plans devront, autant que possible, être tirés sur papier blanc : la lecture en sera ainsi rendue plus facile.

Vous voudrez bien insister auprès des demandeurs en concession et des pétitionnaires qui solliciteront des permissions de voirie pour qu'ils emploient ces couleurs dans la préparation des plans annexés aux dossiers de leurs demandes.

*Le Directeur des distributions d'énergie électrique,*  
WEISS.

Le Comité français de Télégraphie sans fil scientifique nous prie d'insérer la Note suivante relative aux émissions préliminaires de réglage.

Pour permettre les réglages préliminaires, le poste de Saint-Petersbourg émettra tous les soirs, de 22 h à 22 h 10 m (Greenwich) des traits de 10 secondes séparés par des intervalles de 10 secondes (longueur d'onde 5000 m).

Le poste de la Tour Eiffel émettra chaque jour, après le bulletin météorologique de 17 h (Greenwich), 6 traits de 10 secondes (longueur d'onde 2100 m).

Norddeich émettra chaque jour, après le bulletin météorologique de 12 h (Greenwich), 9 traits de 10 secondes séparés par des intervalles de 10 secondes.

---

## RÉSUMÉ DES COMMUNICATIONS ÉTRANGÈRES.

**Sur les moyens de produire de l'avance de phase,** par le D<sup>r</sup> Gisbert KAPP  
(*Inst. Elect. Eng.*, juillet 1913).

Pour relever le facteur de puissance des réseaux on peut, soit fournir du courant en avance à tout l'ensemble du réseau, soit compenser sur place le courant magnétisant des appareils d'utilisation. La première solution, qu'on s'adresse à des moteurs synchrones surexcités tournant à vide ou à des condensateurs statiques, est très coûteuse et ne peut être envisagée que si le prix des lignes de transmission est grand vis-à-vis du prix de la machinerie, tandis que la seconde solution est commercialement possible dans un grand nombre de cas. L'emploi du moteur synchrone surexcité, même lorsqu'il accomplit un travail, est très intéressant pour obtenir le résultat cherché, mais les difficultés de l'accrochage de ces moteurs jette sur eux un certain discrédit. L'auteur décrit en passant le dispositif de démarrage automatique de la Lancashire Dynamo and Motor Co et celui de Danielsen. Après avoir étudié graphiquement le problème à résoudre par les *avanceurs de phase*, l'auteur s'attache aux avanceurs de phase spéciaux pour moteurs d'induction qui injectent le courant en avance dans le rotor et décrit l'appareil rotatif de Scherbius qui appartient à ce type, puis un *avanceur de phase vibrant* de son invention. A ce propos, il reconnaît que l'initiateur de ce genre d'appareils est M. Leblanc qui, le premier, a attiré l'attention sur la manière de produire de l'avance de phase en laissant vibrer librement dans un champ constant un conducteur parcouru par un courant alternatif et qui a fait breveter un dispositif utilisant ce principe physique. Le vibreur de Kapp se compose d'une armature de dynamo à courant continu ayant un petit diamètre et une grande longueur afin que son inertie soit faible, elle peut tourner dans un stator à deux pôles, de sorte que l'ensemble a l'aspect d'une dynamo bipolaire de grande longueur axiale; l'entrefer est très petit et le fer est saturé. Le stator est alimenté par du courant continu et les balais par du courant alternatif. Pour les courants polyphasés on emploie un vibreur sur chaque phase. Des diagrammes représentent les résultats obtenus avec le vibreur de Kapp sur un moteur d'induction à rotor bobiné de 17 kW. Le facteur de puissance est pratiquement égal à 1 dès la demi-charge; à toutes charges le glissement est augmenté ainsi que le courant rotorique, tandis que le courant statorique est, naturellement, diminué. Un vibreur projeté pour moteur de 800 chevaux ne pèsera que 18 cwt (914 kg), occupant à peu près en surface 18 pouces (0,46 m) sur 1 pied (0,3 m) et 3 pieds (0,91 m) en hauteur. Il donnera au moteur un facteur de puissance égal à 1 au quart de charge, à 0,9 (avance) pour la demi-charge et 0,95 (avance) pour la pleine charge, l'unité sera de nouveau atteinte jusqu'à 1800 chevaux, puis le courant se mettra à retarder.

En terminant l'auteur préconise, pour décider les consommateurs à relever leur facteur de puissance, d'employer les méthodes de tarification du professeur Arno, méthodes qui consistent à tarifier non les kWh fournis, mais une fraction des kWh et une fraction des kVAh (par exemple  $\frac{2}{3}$  des kWh et  $\frac{1}{3}$  des kVAh). Un calcul simple montre qu'avec une telle tarification, même si le prix du kWh ou du kVAh s'abaisse à 0,5 d (0,05 fr), le consommateur et le secteur sont tous deux intéressés à l'emploi des avanceurs de phase.

DISCUSSION DE LA COMMUNICATION PRÉCÉDENTE.

Cette Communication a été longuement discutée. M. Mordey défend les condensateurs statiques. D'après lui, les condensateurs au papier pour basse tension système Mansbridge ne coûteraient que 20 s (25,2 fr) par kVA; mis en série ils pourraient servir sur la haute tension. M. Ashton cite des installations de condensateurs destinées à relever le facteur de puissance, plus de 1000  $\mu$ F sont déjà en service depuis quelque temps; on trouve aujourd'hui dans le commerce des condensateurs offrant une sécurité parfaite. Contrairement à ce que pense M. Kapp, l'orateur croit que c'est pour relever le facteur de puissance des petits moteurs que les condensateurs sont le plus utiles. M. Ashton estime qu'il est impraticable de compter sur les moteurs d'abonnés pour relever le facteur de puissance. M. Creedy préconise l'emploi comme avanceurs de phase de machines shunt au lieu de machines série. M. Irwin propose d'augmenter l'amplitude de la vibration des appareils Kapp en ajoutant des ressorts de rappel ramenant le vibreur dans sa position médiane. Le professeur Arno expose son système de tarification. Le Dr Sumpner rappelle que c'est James Swinburne qui a le premier suggéré l'emploi d'un vibreur comme avanceur de phase, mais le vibreur de Swinburne ne pouvait être pratiquement réalisé. La supériorité de celui de Kapp vient de ce qu'il utilise la basse fréquence du rotor. Le nombre de volt-ampères par phase pris par le vibreur Kapp est donné par  $(Iv)^2 : K\omega$  où  $I$  est le courant passant par l'armature du vibreur,  $v$  la tension qui serait engendrée dans cette armature à la vitesse d'un radian par seconde et  $\omega = 2\pi f$  où  $f$  est la fréquence du réseau et  $\sigma$  le glissement; les volt-ampères augmentent donc si  $K$  et  $\sigma f$  sont petits. Il y a double bénéfice à rendre petit  $\sigma f$ : cela augmente le nombre des volt-ampères fournis par l'armature et réduit le nombre de ceux qui sont demandés pour la compensation. Il est important de placer le compensateur sur le rotor, car il n'a à fournir que  $n\sigma$  volt-ampères là où il aurait dû en fournir  $n$  au stator; à cet avantage le vibreur Kapp ajoute celui d'avoir une capacité inversement proportionnelle à la fréquence de glissement. M. Everest rappelle que les moteurs synchrones démarrant automatiquement sont couramment employés aux États-Unis. Plusieurs orateurs se sont préoccupés de savoir qui, du secteur ou du client, doit logiquement supporter la charge de l'achat et de l'entretien de l'avanceur de phase. Le Dr Kapp, dans sa réponse, a expliqué que son vibreur n'a pas d'action lors du démarrage. Il n'est pas partisan de l'emploi du ressort de rappel, car l'appareil ne fonctionnerait bien qu'à une fréquence de glissement déterminée.

**Le nouveau Bureau central télégraphique de Calcutta et les installations télégraphiques aux Indes anglaises, par C. T. WILLIAMS (*Inst. Elect. Eng.*, 15 mai 1914).**

Cette Communication décrit sommairement les locaux du nouveau Bureau central télégraphique de Calcutta: éclairage, ventilation, câblerie, batteries, machines, ateliers, etc. Elle examine ensuite les différents systèmes de télégraphie en usage dans l'Inde: Morse simple, Morse à sonner et à condensateur, système simplex-duplex à double courant, Wheatstone automatique, et enfin le Baudot introduit dans l'Inde en 1905 et dont le fonctionnement donne parfaitement satisfaction. Le Baudot est installé sur les lignes: Calcutta-Madras-Bombay, Calcutta-Nagpur-Bombay, Calcutta-Lahore, Calcutta-Agra, Agra-Bombay, Lahore-Karachi, Karachi-Bombay et en Birmanie sur les lignes Calcutta-Akyab-Rangoon, Calcutta-Gauhati-Mandalay-Rangoon. La ligne Madras-Colombo réunissant l'Inde et Ceylan est en voie d'exécution.



**Transformateurs statiques changeant à la fois la tension et la fréquence,** par A. M. TAYLOR  
(*Inst. Elect. Eng.*, 1<sup>er</sup> juin 1914).

L'auteur rappelle d'abord les travaux de Maurice Joly (doubleur et tripleur de fréquence en partant du courant monophasé), de M. Vallauri (doubleur en partant du courant monophasé) et de M. Spinelli (transformation du courant triphasé en monophasé de fréquence triple au moyen d'un transformateur  $Y - \Delta$  très saturé).

L'auteur se propose lui aussi de transformer du triphasé en monophasé de fréquence triple. Il emploie sur chaque phase un dispositif qui a quelque parenté avec celui de Maurice Joly : il y a deux circuits magnétiques dont l'un est saturé et dont l'autre ne l'est pas, mais dans l'appareil Taylor ce dernier seul porte un bobinage secondaire. Le primaire est disposé en triangle, chaque branche du triangle excitant un noyau saturé et un transformateur à fer non saturé, les secondaires de ces derniers transformateurs sont mis en série ou en parallèle. Chaque groupe élémentaire formé d'un noyau saturé et d'un transformateur donne une onde de tension déformée dont la période est la même que celle de la tension primaire, mais on s'aperçoit, en additionnant les trois ondes, que leur somme donne une onde de fréquence triple. On simplifie le dispositif en remplaçant les trois transformateurs à circuit non saturé par un seul ayant trois primaires et un secondaire unique.

L'auteur donne un dessin de son transformateur avec les cotes se rapportant à des types de 7 kW et de 28 kW. Pour le type de 7 kW la chute de tension entre la marche à vide et la pleine charge est de 8 pour 100. L'auteur pense qu'il pourra améliorer ses transformateurs à ce point de vue. Les rendements seraient : pour un appareil de 28 kW, 86 à 88 pour 100; pour un appareil de 100 kW, 90 pour 100; pour un appareil de 500 kW, 95 pour 100. L'auteur fait observer que ses transformateurs sont plus auto-régulateurs que ceux de Maurice Joly parce qu'il n'y a pas de bobinage sur le noyau saturé dont l'induction peut varier assez largement, et qu'on n'est pas astreint à avoir un nombre déterminé d'ampère-tours démagnétisants sur ce noyau non saturé. Ce que l'auteur a surtout en vue, c'est de brancher des canalisations d'éclairage à 75 périodes sur des réseaux triphasés à 25 périodes (ou à 50 périodes sur du triphasé à 16,6 périodes), en chargeant également les trois phases. Son dispositif permettrait aussi d'installer des fours électriques sur des réseaux triphasés sans causer des déséquilibres gênants.

En employant du courant à 9 phases ou à 27 phases, un transformateur statique du modèle de l'auteur permettrait en une seule opération de multiplier par 9 ou par 27 la fréquence. L'auteur a essayé avec succès la multiplication par 9; toutefois il y a intérêt à partir d'une onde primaire non sinusoïdale. Cette multiplication par 9 ou par 27 rendrait surtout des services à la télégraphie sans fil.

Le défaut du transformateur Taylor est son facteur de puissance trop bas : il est de l'ordre de 0,2; l'auteur pense que, grâce aux avanceurs de phases et aux moteurs synchrones surexcités, les réseaux pourraient s'accommoder de ses transformateurs et il discute les charges financières nouvelles qui en résulteraient, élevant légèrement le prix de l'énergie distribuée à fréquence triple.

DISCUSSION DE LA COMMUNICATION PRÉCÉDENTE.

Au cours de la discussion qui a suivi, on a émis le doute que des charges anti-inductives puissent être produites sur les réseaux en des endroits convenables pour compenser l'effet

des transformateurs de fréquence. On a aussi parlé de quelques suggestions faites dans le passé pour doubler et tripler la fréquence, mais qui n'avaient été suivies d'aucune tentative expérimentale.

**Les isolateurs à suspension**, par H. W. BUCK (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, février 1914).

Cette Communication traite de quelques problèmes mécaniques et électriques qui se posent dans les lignes de transmission à très haute tension équipées avec des isolateurs à suspension et indique quelques moyens pratiques pour éviter les accidents (espacer largement les conducteurs, employer un fil supérieur relié à la terre, alourdir par des poids auxiliaires les chaînes quand elles portent des conducteurs trop légers, ne pas craindre de tendre les conducteurs, etc.). Une Table donne les déflexions angulaires du plan des conducteurs de cuivre et d'aluminium soumis à un vent de 15 lb par pied carré (73 kg par mètre carré), ce que l'auteur suppose être le vent le plus violent qui se puisse rencontrer.

**Problèmes des lignes de transmission à haute tension** (Rapport du Sous-Comité des lignes de transmission) (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, février 1914).

Ce Rapport a pour objet d'esquisser quelques-uns des problèmes les plus importants relatifs à la construction et à l'exploitation des lignes à haute tension afin de fournir les bases d'une discussion ultérieure sur ce sujet. Les problèmes en question sont classés dans les Chapitres suivants :

*Trajet des lignes* : remarques sur le parcours des lignes, observations sur les croisements pylones : spécifications, détails de construction, résistance au vent; *conducteurs* : mérites respectifs de l'aluminium et du cuivre, protection par un fil supérieur mis au sol; *isolateurs* : observation sur le type à suspension, emploi possible d'écrans égaliseurs de potentiel (ce Chapitre contient trois Rapports relatifs aux isolateurs émanant de compagnies exploitantes); *attaches des câbles* : perfectionnements à introduire dans ces accessoires; *appareils de station* : remarques sur les transformateurs d'abonnés, sur l'appareillage, les parafoudres; *troubles des lignes télégraphiques et téléphoniques* : recommandations pour éviter les plus fréquents de ces troubles.

Ce Rapport est suivi des quatre appendices suivants :

I. *Détérioration des isolateurs de porcelaine en service*, par J. A. BRUNDIGE. — L'auteur observe que, de plus en plus, les ingénieurs tendent à admettre que la porcelaine et le verre se fatiguent en service sous les hautes tensions électriques, mais qu'on aurait tort d'attribuer à cette fatigue la majorité des accidents d'isolateurs. Il cite les cas les plus courants de rupture, soit des isolateurs à broches, soit des isolateurs suspendus, et préconise l'emploi des mesures d'isolement pour découvrir les défauts dans les porcelaines. Quoique les problèmes concernant les porcelaines soient encore assez obscurs, on doit s'attendre à voir prochainement se réaliser de grands progrès.

II. *Rayon d'action d'un coup de foudre direct*, par L. C. NICHOLSON. — Si le coup de foudre ne frappe pas la ligne elle-même, mais se produit simplement dans son voisinage, on ne peut donner d'indication sur la distance à laquelle il cesse de causer des troubles. Si la ligne elle-même est frappée, il semble qu'il n'y ait aucune protection efficace, même dans l'emploi d'un ou de plusieurs fils mis au sol et placés au-dessus de la ligne. Les

marques du coup de foudre sur les conducteurs sont multiples et répandues sur une longueur qui peut atteindre 6 m. Le plus souvent, les isolateurs éclatent. Les effets d'induction produits par des coups de foudre au voisinage des lignes, sont moins dangereux pour les lignes à très haute tension que pour les lignes à moyenne tension.

III. *Problèmes des lignes de transmission dans l'ouest des États-Unis*, par P. M. DOWNING. — Les compagnies d'électricité de la côte du Pacifique ont été les premières à se servir de très longues lignes à très haute tension. Le climat de cette région est d'ailleurs favorable à l'établissement de ces lignes : les plus gros troubles d'exploitation sont causés par les fuites que produisent la poussière et le brouillard salin le long de la côte. Pendant la saison pluvieuse, les isolateurs se trouvent lavés et les troubles cessent. Le meilleur remède dont on ait usé contre ces fuites était de réunir électriquement les broches entre elles sans les mettre à la terre, car cette mise à la terre causait des arcs permanents. Le seul moyen de régler la tension qui semble praticable est l'emploi de condensateurs synchrones aux principaux centres de distribution. L'auteur donne quelques détails sur l'appareillage employé (disjoncteurs actionnés directement par des solénoïdes sur la haute tension ou par l'intermédiaire de transformateurs de courant).

IV. *Les interrupteurs*, par G. FACCIOLO. — La manœuvre des interrupteurs produit un brusque changement de l'énergie emmagasinée dans la ligne, ce qui entraîne des oscillations de deux espèces : celles qui naissent entre une capacité et une inductance placées en des points différents et celles qui naissent entre l'inductance et la capacité réparties d'une ligne, qu'on déconnecte. Si la rupture est franche ces oscillations sont sans gravité ; mais s'il se produit des arcs qui ouvrent et ferment le circuit un grand nombre de fois, des surtensions dangereuses peuvent prendre naissance. En outre, l'ouverture d'un interrupteur produit dans les deux sens des vagues abruptes susceptibles de se réfléchir, de se réfracter et d'exciter les circuits oscillants locaux à la fréquence propre de ceux-ci. L'auteur conclut de là qu'il vaut mieux ne faire de coupure que sur les circuits à basse tension. L'emploi de fusibles constitue, lui aussi, un danger grave.

**Locomotives électriques pour mines**, par G. M. EATON (*Amer. Inst. Elect. Eng.*, avril 1914).

Cette Communication retrace surtout, au moyen d'illustrations, la façon dont s'est transformée la locomotive électrique minière pour arriver à sa forme actuelle. Elle se limite au cas des mines de charbon. Les deux facteurs qui ont le plus contribué à l'évolution de ces locomotives sont : 1<sup>o</sup> leur application aux manœuvres de la composition des trains ; 2<sup>o</sup> l'exploitation des filons minces. Les premières machines étaient hautes et avaient des lignes irrégulières, tandis que les nouvelles sont compactes et robustes ; tous leurs organes sont accessibles et faciles à inspecter. De nombreuses illustrations montrent différents modèles de châssis. L'auteur décrit des machines à deux ou trois essieux parallèles, ainsi que des locomotives liées en tandem, et montre comment on peut accoupler les moteurs et les roues de façon à utiliser plus avantageusement le poids adhérent. Il examine ensuite les locomotives spécialement étudiées pour le rassemblement et la composition des trains : elles sont munies de treuils, soit verticaux, soit horizontaux à commande électrique indépendante ; les quelques problèmes que pose ce genre de service sont brièvement discutés. L'auteur décrit ensuite sommairement les différents moteurs, les modes de graissage et différents accessoires tels que le trolley. Il termine en montrant par des courbes quelles sont les tendances actuelles de l'évolution des locomotives minières : le poids des ma-

chines semble vouloir se tenir entre 6000 et 10 000 lb (2,7 et 18 tonnes), leur hauteur entre 27 et 45 pouces (69 et 114 cm); leur puissance par unité de poids ou de volume a augmenté continuellement.

**Recherches sur la protection des bâtiments contre la foudre**, par L. A. DE BLOIS  
(*Amer. Inst. Elect. Eng.*, avril 1914).

Ces recherches ont été faites sur l'initiative d'un grand fabricant d'explosifs pour déterminer un système convenable de protection contre la foudre des bâtiments contenant des substances dangereuses. Elles sont exposées en trois Chapitres : 1° L'auteur a analysé au moyen de l'oscillographe les courants secondaires qu'induit la décharge atmosphérique dans un fil vertical mis au sol. Les résultats obtenus semblent indiquer que ces courants ne sont pas oscillatoires et sont apériodiques, quoique se produisant tantôt dans le sens négatif, tantôt dans le sens positif. L'auteur essaye de s'expliquer les phénomènes qu'on attribue généralement à des oscillations de haute fréquence par une vague allant toujours dans le même sens et dont le front serait presque vertical. — 2° Les effets d'une étincelle de 20 pouces (environ 50 cm) dans l'air ayant les caractéristiques essentielles qu'on attribue à la foudre, ont été étudiés. L'étincelle était envoyée sur un modèle réduit de système de protection formé de fils verticaux isolés entourant un bâtiment en miniature. — 3° On a étudié aussi les effets secondaires produits dans les conditions précédentes, effets que l'auteur considère comme dus à l'induction statique plutôt qu'à l'induction dynamique. Le dispositif de protection que l'auteur préconise consiste à placer autour du bâtiment des canalisations verticales isolées faites de tubes de fer et réunies à un conducteur enterré à la hauteur des canalisations d'eau et de gaz, entourant le bâtiment et envoyant des ramifications radiales à tous les coins. Les aspérités du toit doivent être évitées, les longues canalisations métalliques doivent être mises au sol de loin en loin, les canalisations électriques doivent être munies de parafoudres à l'approche de l'édifice; on doit aussi munir de parafoudres les parties les plus basses de ses canalisations intérieures afin de faciliter l'écoulement des charges statiques.

---

## BIBLIOGRAPHIE.

---

**Publications de la Société de Chimie physique (VII). Le paramagnétisme appliqué à l'étude des sels métalliques.** Conférence faite le 11 juin 1913 par M<sup>lle</sup> E. FEYTIS. Paris, Librairie Hermann et fils, 1914; une brochure in-8°.

Aujourd'hui les chimistes, trouvant insuffisants les anciens procédés d'analyse, empruntent aux physiciens leurs méthodes et attachent de plus en plus d'importance à l'étude des propriétés physiques des corps purs. En particulier, l'étude des propriétés magnétiques des corps constitue une nouvelle branche de la Chimie physique : la Magnétochimie.

Dans sa conférence, M<sup>lle</sup> Feytis nous met au courant d'une partie spéciale de cette nouvelle science : l'étude des propriétés paramagnétiques des corps solides. On se rend compte, à la lecture de cet Opuscule, que ces études fournissent très certainement des résultats du plus haut intérêt relativement à la constitution des molécules complexes.

**Introduction à la Science de l'Ingénieur : Aide-Mémoire Claudel** (8<sup>e</sup> édition de la Partie théorique), par G. DARIÈS. Paris, Dunod et Pinat, éditeurs; 1913.

Le « Claudel » a toujours été depuis plusieurs générations le principal et le plus vaste Aide-Mémoire des connaissances générales de l'ingénieur. L'auteur a pu revoir lui-même les six premières éditions de ce monument. Barré lui succéda pour la septième édition et M. Dariès, en cette huitième édition, remplace à son tour ses prédécesseurs décédés. Ainsi l'œuvre se perpétue, en se tenant toujours au courant des progrès les plus récents, montrant que sa réputation ne s'est jamais démentie depuis 60 ans.

La partie pratique de l'Aide-Mémoire (2 volumes) a été revue en 1907. La dernière édition du Volume consacré à « l'Art de construire » date de 1910. Enfin les deux volumes revus en 1913 par M. Dariès sont relatifs à la partie théorique qui comprend : l'Arithmétique, l'Algèbre, la Géométrie, la Trigonométrie, la Topographie, le Calcul différentiel et intégral, la Géométrie analytique, le Calcul graphique, la Mécanique, la Géométrie descriptive, le Dessin graphique et le Lavis.

Tous les Chapitres ont été en grande partie remaniés dans l'édition actuelle. Celui concernant la Géométrie est entièrement nouveau, ainsi que celui traitant du calcul graphique.

En Mécanique, M. Dariès a développé les théories du potentiel et de l'élasticité. Enfin la Topographie se trouve mise au courant des progrès les plus récents. L'Ouvrage se présente donc mis en harmonie avec toutes les notions nouvelles de l'enseignement moderne des écoles techniques.

**Exposition internationale de Turin (1911).** Rapport du Groupe V (Électricité, Classes 28 à 34). Volume édité par le Comité français des Expositions à l'étranger.

Établir un Rapport général sur une Exposition demande toujours un travail considérable et minutieux pour qu'on puisse faire ressortir les perfectionnements et particularités des machines et appareils exposés. M. Legouéz, rapporteur des Classes 28 à 34, a su pré-

senter son travail de telle manière qu'il constitue un véritable « Enseignement », montrant l'état de la science électrique en 1911. Signalons précisément, dans cet ordre d'idée, le Chapitre d'un indiscutable intérêt : Comparaison des Expositions des diverses nations.

**Les progrès de la Chimie en 1912.** Traduction française autorisée des *Annual Reports on the Progress of Chemistry for 1912*, Vol. IX, issued by The chemical Society, Londres. Paris, Hermann et fils, éditeurs; 1913.

M. André Kling, directeur du Laboratoire municipal de Paris, poursuit depuis longtemps la publication d'une Revue annuelle des faits et des idées en Chimie. Malheureusement diverses raisons l'ont empêché jusqu'ici d'aboutir. Aussi, en attendant la réalisation de son projet, s'est-il décidé à faire traduire en français les Mémoires publiés par la « Chemical Society ».

Voici les noms des traducteurs qui se sont partagés le travail de 400 pages présenté ici : D. Florentin, E. Gelin, P. Huchet, M. Drecq, J. Saphores, P. Pourquery.

Grâce à l'activité de ces six collaborateurs, M. Kling a pu, en un délai très court, mettre sur pied cette importante contribution à l'étude et aux applications de la Chimie. Les divisions du Volume sont : Chimie générale et Chimie physique; Chimie minérale; Chimie organique; Chimie analytique; Chimie physiologique; Chimie agricole; Radioactivité.

**Traité complet d'Analyse chimique appliquée aux essais Industriels**, par J. POST et B. NEUMANN (traduit par G. CHENU et M. PELLET). Tome III, second fascicule. Paris, Hermann et fils, éditeurs; 1913.

Dans les 500 pages du présent fascicule se trouvent traitées les méthodes d'analyse des goudrons de houille et de l'énorme quantité de matières colorantes dont dispose actuellement l'industrie : matières colorantes inorganiques et organiques. Ces dernières sont de beaucoup les plus nombreuses et sont dérivées, pour la plupart, des composés complexes extraits des goudrons. Des Tableaux indiquent les réactions chimiques caractéristiques de tous les colorants employés dans l'industrie.

Le Traité d'Analyse de Post et Neumann comprend trois volumes de chacun 1000 pages environ et constitue l'Ouvrage le plus complet écrit pour cette si importante branche de la Chimie.

**Traité de Chimie minérale**, par H. ERMANN (traduit sur la 5<sup>e</sup> édition allemande par A. CORVISY). Paris, Hermann, éditeur; 1913.

Ce volume de 560 pages forme le Tome I du Traité de Chimie minérale rédigé par le professeur H. Erdmann, directeur de la Technische Hochschule Institut, à Berlin. Il est consacré à une étude d'introduction à la Chimie et aux métalloïdes. L'Introduction, qui comprend 92 pages, a pour subdivisions : les notions préliminaires sur le nombre, la mesure et le poids; les trois états d'aggrégation; l'énergie calorifique; le mouvement moléculaire; la pression gazeuse et la mesure des températures; la conductivité et l'ionisation; la nature la transformation chimique; la théorie atomique et moléculaire; les méthodes de détermination des poids atomiques; les relations volumétriques dans la combinaison des éléments gazeux; les types : valence, affinité; les formes régulières des solides.

La partie expérimentale est très développée et, à propos de l'oxygène, l'auteur s'étend par exemple sur tous les procédés employés pour la liquéfaction des gaz et de l'air. Consta-

tons toutefois avec regret que les procédés si universellement connus et appliqués, de notre savant collègue M. G. Claude, ne sont même pas mentionnés. Dans un Ouvrage qui se présente comme aussi complet, on comprend difficilement une tel oubli.

**Construction et installation modernes des ateliers et usines.** par P. Razous.  
Paris, Mourot, éditeur.

Avant de publier ce Volume, l'auteur avait écrit un Ouvrage bien moins développé sur ce sujet. Le succès de plusieurs éditions l'ont décidé à entreprendre un travail beaucoup plus important; c'est celui que nous présentons aujourd'hui et dont les huit Chapitres traitent de l'étude générale des usines et des bâtiments, des machines motrices, des transmissions de mouvement, du transport des matières premières et des objets fabriqués, des hauts fourneaux, séchoirs et cheminées d'usine, de chauffage et de la réfrigération des ateliers, de l'éclairage naturel et artificiel, enfin de l'outillage mécanique et des machines-outils.

Cette importante contribution à la science appliquée de l'Art de l'ingénieur sera certainement accueillie avec faveur et consultée avec fruit par tous ceux qui ont à faire étudier et construire des usines et des ateliers. Ils y trouveront des données générales qui leur seront d'une incontestable utilité.

**Sur la production, la distribution et l'emploi de l'électricité dans les charbonnages,**  
par F. LEPRINCE-RINGUET, ingénieur en chef des Mines. Paris, Ch. Béranger, éditeur.

Dans ce petit Volume de 134 pages in-8°, M. Leprince-Ringuet étudie le problème solutionné depuis peu d'années, de l'électricité appliquée aux mines de houille. La solution générale consiste à créer une centrale à vapeur ou à gaz de fours à coke, produisant l'énergie électrique, distribuée ensuite aux divers sièges d'extraction. Le fonctionnement intermittent des machines d'extraction les rend assimilables à celles actionnant les trains de laminoir. Aussi était-il indispensable de munir ces machines d'appareils de récupération étalant les pointes de l'énergie consommée. L'auteur passe en revue les divers systèmes employés dans cet ordre d'idée et dont celui d'Ilgner est un des premiers en date.

On trouvera, dans un appendice, l'exposé de la réglementation de l'emploi de l'électricité dans les travaux souterrains.

**Rapport général sur les usines, l'organisation, les concessions et les franchises  
de la « Companhia Brasileira de Energia Electrica ».**

Ce Rapport, dont nous présentons aujourd'hui l'édition française, a été publié par le Bureau que possède à Londres la Compagnie brésilienne d'énergie électrique. Il a pour objet de faire connaître la législation brésilienne concernant l'utilisation des chutes d'eau et indique les lois et dispositions légales du Gouvernement fédéral, des Gouvernements d'États et des municipalités du Brésil où la puissante Compagnie sus-nommée a des établissements. Ceux-ci sont décrits en détail avec de nombreux documents, cartes et photographies à l'appui. On sera ainsi renseigné sur ce qui a été fait et sur ce qui reste à faire dans cet immense pays encore neuf et où l'industrie électrique ne manquera pas de trouver de multiples débouchés pour les ingénieurs spécialistes comme pour les constructeurs de matériel.

**Chemins de fer départementaux de la Haute-Vienne, par A. SOULIER.**

La Société A. Giros et Loucheur a réuni dans cette Monographie, éditée luxueusement, une série d'articles, publiés il y a quelques années dans l'*Industrie électrique* par M. Soulier. Le réseau de la Haute-Vienne comporte un développement de 345 km répartis entre quatre lignes principales rayonnant autour de Limoges. La traction est effectuée par automotrices, alimentées par courant alternatif simple, utilisant 10 000 volts sur le fil de travail. On trouvera dans cette Notice illustrée des cartes, schémas, photographies, tout ce qui concerne la description d'un système de traction monophasée. C'est le travail le plus détaillé traitant de cette question aux points de vue technique et d'exploitation.

**Exposition universelle et internationale de Bruxelles (1910) : Section française** (Groupe XIV, Classe 87). Rapport de M. TRILLAT, président de l'Association des Chimistes de France et des Colonies.

Ce Rapport sur les Arts chimiques et pharmaceutiques à l'Exposition de Bruxelles renferme l'énumération des produits présentés par les Maisons françaises, avec les renseignements concernant leur préparation et leur emploi. Quelques Maisons étrangères ayant exposé dans la Classe 87 sont également passées en revue dans ce Rapport. L'auteur a également rassemblé quelques documents sur la situation des industries chimiques dans les divers pays, sur le rôle de notre enseignement chimique, de nos sociétés savantes et de nos syndicats sur le développement industriel. Il termine en énumérant les progrès accomplis, dans les dix dernières années, dans les principales branches de l'industrie chimique.

**Exposition universelle et internationale de Bruxelles (1910) : Section française** (Groupe V : Électricité). Rapport de M. BANCELIN, avec la collaboration de M. MONTPELLIER, et une Introduction par M. E. SARTIAUX, président du Groupe.

Dans l'Introduction, M. Sartiaux rappelle comment fut organisée l'Exposition de Bruxelles et donne un aperçu général sur la représentation de l'industrie électrique française dans les diverses Classes 15, 23, 24, 25, 26 et 27, rattachées au Groupe V. On y trouve également les listes des Comités d'organisation, des exposants, des membres du Jury et des récompenses.

MM. Bancelin et Montpellier, parfaitement documentés, décrivent les machines et appareils ayant figuré dans les nombreux stands ou ayant contribué à la production et à la distribution de l'énergie électrique dans les divers services de l'Exposition. Leur étude ne comprend pas moins de 480 pages, dans lesquelles de nombreuses figures, croquis et schémas facilitent la compréhension d'un texte toujours clair et concis; elle constitue une véritable monographie technique, précieuse pour les ingénieurs et électriciens.



## LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

( Suite. )

---

La Bibliothèque est ouverte aux Membres de la Société, tous les jours  
de 3 heures à 6 heures, excepté les dimanches et jours de fêtes,  
12, rue de Staël.

---

### France.

- Courants (Les) vagabonds. L'électrolyse et les perturbations causées par l'induction et les courants pulsatoires*, par Albert PAVOT et Alfred TOBIANSKY D'ALTOFF. Paris, Dunod et Pinat, 1914; 1 broch. in-8°. (*Don des éditeurs.*)
- Cours d'Électricité théorique*, professé à l'École professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes, par J.-B. POMEY; avec une Préface de M. LECORNU; t. I. Paris, Gauthier-Villars et C<sup>e</sup>, 1914; 1 vol. in-8°, broché. (*Bibliothèque des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones.*) (*Don de l'éditeur.*)
- Cours de Mécanique physique*, par H. BOUASSE. 2<sup>e</sup> édition complètement transformée et considérablement augmentée. Paris, C. Delagrave, s. d.; 1 vol. in-8°, broché. (*Don de l'éditeur.*)
- Cours de Physique*, professé à la Faculté des Sciences de Nancy, par E. ROTHE. 1<sup>re</sup> Partie. Paris, Gauthier-Villars et C<sup>e</sup>, 1914; 1 vol. in-8°, broché. (*Don de l'éditeur.*)
- Culture et exploitation du caoutchouc au Brésil*. Rapport présenté à M. le Ministre de l'Agriculture, Industrie et Commerce des États-Unis du Brésil, par M. O. LABROY, avec la collaboration de M. V. CAYLA. Paris, Société générale d'Imprimerie, 1913; 1 vol. gr. in-8°, broché. (*Don du Bureau officiel de renseignements du Brésil à Paris.*)
- Technique (La) de la Radiotélégraphie*, par M. le Dr-Ing. H. REIN. Traduit de l'allemand, d'après la 2<sup>e</sup> édition, par G. VIARD. Paris, Gauthier-Villars et C<sup>e</sup>, 1913; 1 vol. in-8°, broché. (*Bibliothèque des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones.*) (*Don de l'éditeur.*)

*Unités et étalons. Mesures absolues. Calcul des erreurs*, par A. ILIOVICI. Paris, L. Geisler, 1913; 1 vol. in-8°, broché. (*Encyclopédie électrotechnique*, 7<sup>e</sup> fascicule.) (*Don de l'auteur.*)

### Étranger.

*Collection de 49 cartes et graphiques du Brésil*, publiée par la « Sociedade nacional de Agricultura » du Brésil. S. Paulo, Secção cartographica do Estabelecimento graphico Weizflog Irmãos; 49 feuilles in-plano détachées. (*Don du Bureau officiel de renseignements du Brésil à Paris.*)

---

### IL Y A TRENTE ANS.

*Juillet 1884.* — Les phares électriques, par M. A. DE MERITENS. — Galvanomètre et électrodynamomètre à mercure, par M. G. LIPPMANN. — Recherches théoriques et expérimentales sur l'électricité considérée au point de vue mécanique, par M. MARIE DAVY. — Interruption d'un courant sans production d'étincelles, par M. A. GRAVIER. — Note sur l'anneau de Gramme comme inducteur, par M. A. GRAVIER. — Sur un inconvénient de l'emploi des intégrales multiples en électricité, par M. V. WILLIOT.

*Août 1884.* — Sur l'étalon absolu de lumière, par M. J. VIOLLE. — Note sur les orages de Madagascar, par M. C. HALLEZ. — Sur les lampes à incandescence, par M. R.-V. PICOT. — Sur le fonctionnement de l'anneau de Gramme comme inducteur, par M. GRAVIER.

*Septembre-Octobre 1884.* — Étude des courants telluriques, par M. E. BLAVIER. — Mécanique de l'électrolyse, par M. A. BANDSEPT.

*Novembre 1884.* — Notations, définitions et symboles électriques, par M. E. HOSPITALIER. — Signaux de nuit de la marine française, par M. A. DE MERITENS. — Transmission électrique du travail mécanique, par M. HILLAIRET.

*Décembre 1884.* — Lampes électriques portatives, par M. G. TROUVÉ. — Générateur secondaire modifié, par M. L. GAULARD. — Sur les dynamomètres employés pour la pose des câbles des sous-marins, par M. E. LACOINE.

---

# TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME IV (3<sup>e</sup> SÉRIE).

## Bibliographie.

|                                                                                                                                                                                             | Pages. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Année électrique, électrothérapie et radiographique (L'), par M. le Dr Foveau de Courmelles.....                                                                                            | 267    |
| Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'année 1914.....                                                                                                                                    | 267    |
| Appareillage d'interruption, par MM. L. Barbillion et E. Poirson.....                                                                                                                       | 431    |
| Association en participation et ses applications. Les syndicats financiers (L'), par M. A. Foulouze.....                                                                                    | 523    |
| Berechnung von Wechselstrom Fernleitungen, par M. le Dr C. Breitfeld.....                                                                                                                   | 265    |
| Bibliothèque de l'enseignement technique. Travaux pratiques d'électricité industrielle, par M. P. Roberjot.....                                                                             | 119    |
| Canalisations d'éclairage, par M. A. Remaury.....                                                                                                                                           | 619    |
| Canalisations isolées (Les), par M. J. Grosselin.....                                                                                                                                       | 431    |
| Classiques de la Science (Les).....                                                                                                                                                         | 121    |
| Contribution expérimentale et théorique à l'étude de la commutation dans les dynamos à courant continu, par M. A. Mauduit.....                                                              | 619    |
| Cours d'Électrotechnique générale et appliquée, par M. Swyngedaew.....                                                                                                                      | 123    |
| Cours de Physique générale à l'usage des candidats au certificat de Physique générale, au diplôme d'ingénieur électricien et à l'agrégation des Sciences physiques, par M. H. Ollivier..... | 122    |
| Électricien amateur à l'entraînement (L'), par M. G. Mis.....                                                                                                                               | 119    |
| Encyclopédie électrotechnique. Accumulateurs électriques, par M. G. Paillard....                                                                                                            | 121    |
| Exposition universelle et internationale de Bruxelles (1910) : Section française (Groupe V : Électricité), par M. Bancelin.....                                                             | 698    |
| Exposition universelle et internationale de Bruxelles (1910) : Section française (Groupe XIV, Classe 87), par M. Trillat.....                                                               | 698    |
| Formulaire du candidat ingénieur, par M. Percheron.....                                                                                                                                     | 523    |
| Gaz pauvre est-il réellement avantageux? (Le), par l'Institut scientifique et industriel.....                                                                                               | 118    |
| Grandes industries françaises (Les).....                                                                                                                                                    | 430    |
| Installations électriques de force et lumière. Schémas de connexion, par M. Ad. Curchod.....                                                                                                | 121    |
| Installations téléphoniques, par M. J. Schils.....                                                                                                                                          | 120    |
| Machines à vapeur (Les), par M. le commandant F. Cordier.....                                                                                                                               | 430    |
| Maladies des machines électriques (Les), par M. E. Schulz.....                                                                                                                              | 340    |
| Manuel pratique de l'ouvrier électricien mécanicien, par M. J.-A. Montpellier.....                                                                                                          | 340    |

|                                                                                                                                                       | Page. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Manuel pratique de prévention des accidents de travail, par MM. L. Zacon et R. Lefebvre .....                                                         | 523   |
| Moteurs Diesel (Les), par M. A.-P. Chalkley.....                                                                                                      | 522   |
| Notions générales sur la Radiotélégraphie et la Radiotéléphonie, par R. de Valbreuze .....                                                            | 122   |
| Notions sur les accumulateurs électriques, par M. P. Gadot .....                                                                                      | 119   |
| Nouveaux horizons de la Science (Les), par M. H. Guilleminot .....                                                                                    | 118   |
| Nouvelle théorie et calcul des roues-turbines, par M. H. Lorenz .....                                                                                 | 619   |
| Propagation des courants électriques dans les conducteurs télégraphiques et téléphoniques, par M. Fleming.....                                        | 266   |
| Protection des réseaux et des installations électriques contre les surtensions (La), par M. G. Capart.....                                            | 339   |
| Prüfung in elektrischen zentralen, von Dr Phil.-E.-W. Lehmann-Richter .....                                                                           | 431   |
| Rayons ultraviolets et leurs applications (Les), par l'Institut scientifique et industriel .....                                                      | 118   |
| Schutzvorrichtungen der Starkstromtechnik gegenatmosphärische Entladungen und Ueberspannungen (Die), von Dr G. Benischke .....                        | 524   |
| Surtensions dans les distributions d'énergie électrique et les moyens d'en prévenir les inconvénients (Les), par M. I. Van Dam .....                  | 339   |
| Tables annuelles de constantes et données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie.....                                                    | 523   |
| Télégraphie et la téléphonie simultanées et la téléphonie multiple (La), par M. K. Berger.....                                                        | 266   |
| Télégraphie sans fil et la loi. Réglementation. Technique usuelle (La), par M. A. Perret-Maisonneuve.....                                             | 522   |
| Télégraphie sans fil. Vade-Mecum de l'amateur sans-filiste, par M. S. Mariens .....                                                                   | 339   |
| Téléphonie à grande distance et la Téléphonie sans fil (La), par M. P. Drumaux....                                                                    | 122   |
| Théorie des ions et l'électrolyse (La), par M. A. Hollard.....                                                                                        | 266   |
| Traction électrique par courants alternatifs, par L. Barbillon .....                                                                                  | 265   |
| Traction électrique par courants continus, par L. Barbillon .....                                                                                     | 265   |
| Transport de force. Calculs techniques et économiques des lignes de transport de force et de distribution d'énergie électrique, par M. C. Le Roy..... | 267   |
| Wechselstromversuche, par von Dr Anton Lampa.....                                                                                                     | 524   |

#### Communications diverses.

|                                                                                   |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Allocution de M. D. Berthelot, président sortant.....                             | 405                          |
| Allocution de M. E. Brylinski, président entrant.....                             | 409                          |
| Assemblée générale annuelle du 1 <sup>er</sup> avril 1914.....                    | 341                          |
| Bibliographie .....                                                               | 118, 265, 339, 430, 522, 619 |
| Comité d'Administration (Rapport du) .....                                        | 348                          |
| Comité d'Administration (Renouvellement partiel du) .....                         | 272, 405                     |
| Commission des Comptes, Rapport de l'Exercice 1913, par M. Violet, rapporteur.... | 343                          |
| Commission Électrotechnique Internationale.....                                   | 414                          |
| Compte rendu des travaux des Sections.....                                        | 434, 621                     |
| Congrès de Lyon.....                                                              | 7, 128, 556, 622             |
| Correspondance .....                                                              | 504, 556                     |

|                                                                                                         | Pages.                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Dons .....                                                                                              | 6, 128, 270                       |
| Il y a trente ans.....                                                                                  | 340, 432 527, 620, 700            |
| Informations .....                                                                                      | 102, 506, 688                     |
| Laboratoire central et l'École supérieure d'Électricité (Compte rendu sur le), par<br>M. P. Janet)..... | 350                               |
| Membres décédés .....                                                                                   | 6, 270, 342, 434, 530, 622        |
| Membres titulaires (Admission des).....                                                                 | 6, 126, 270, 342, 434, 530, 622   |
| Modifications aux articles 1 et 9 du Règlement intérieur.....                                           | 271                               |
| Nominations de M. Violet comme Trésorier honoraire .....                                                | 373                               |
| Ouvrages offerts (Liste des) .....                                                                      | 124, 268, 432, 526, 620, 699      |
| Projet de réunions annuelles .....                                                                      | 7                                 |
| Relèvement des frais d'études à l'École supérieure d'Électricité.....                                   | 10                                |
| Relèvement du taux de la cotisation .....                                                               | 8, 373                            |
| Résumés des Communications étrangères .....                                                             | 103, 255, 327, 418, 510, 608, 689 |
| Réunion ordinaire mensuelle du 7 janvier 1914.....                                                      | 5                                 |
| Réunion ordinaire mensuelle du 4 février 1914 .....                                                     | 125                               |
| Réunion ordinaire mensuelle du 4 mars 1914 .....                                                        | 269                               |
| Réunion ordinaire mensuelle du 1 <sup>er</sup> avril 1914.....                                          | 341                               |
| Réunion ordinaire mensuelle du 6 mai 1914 .....                                                         | 433                               |
| Réunion ordinaire mensuelle du 3 juin 1914.....                                                         | 529                               |
| Réunion ordinaire mensuelle du 1 <sup>er</sup> juillet 1914 .....                                       | 621                               |
| Situation financière et bilan.....                                                                      | 376                               |
| Symboles cartographiques.....                                                                           | 606                               |
| Table alphabétique des Auteurs .....                                                                    | 709                               |
| Table alphabétique des Matières .....                                                                   | 701                               |

### Communications techniques.

|                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| A propos de transformateurs, par M. P. Girault .....                                                                                                                                      | 187 |
| Arborescences cristallines vues à la lumière polarisée, par M. F. Robin.....                                                                                                              | 541 |
| Contribution à la production des champs magnétiques élevés ou étendus (Sur une),<br>par M. A. Perot .....                                                                                 | 307 |
| Contribution à l'étude des variations du ferromagnétisme en fonction de la tem-<br>pérature, par M. P. Dejean .....                                                                       | 11  |
| Contribution à l'étude des variations du ferromagnétisme en fonction de la tem-<br>pérature (Observation sur la), par M. F. Robin .....                                                   | 33  |
| Critérium de bonne commutation de M. Mauduit et la commutation en régime variable<br>(Sur le), par M. Guéry .....                                                                         | 9   |
| Détermination des harmoniques d'une courbe de tension alternative par la méthode<br>de résonance. — Quelques causes d'erreur. — Précautions à prendre (La), par<br>M. P. de La Gorce..... | 545 |
| Dynamos pour l'éclairage des automobiles, par M. H. Armagnat .....                                                                                                                        | 129 |
| Dynamos pour l'éclairage des automobiles (Observations), par MM. Ch. Jacquin,<br>D <sup>r</sup> Debains et Latour.....                                                                    | 154 |
| Éclateurs employés en Télégraphie sans fil (Sur les), par M. le lieutenant-colonel<br>Ferrié .....                                                                                        | 531 |

|                                                                                                                                                              | Page. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Essais photométriques sommaires d'appareils cinématographiques, par M. Laporte.                                                                              | 381   |
| Étincelle oscillante comme source économique de rayons ultraviolets, avec quelques applications (L'), par M. le Professeur Dr J. de Kowalski.                | 437   |
| Génératrices polyphasées à collecteur à grande vitesse et à basse fréquence (Les), par M. Verdurand                                                          | 313   |
| Lampe à vapeur de mercure à deux électrodes pour courant alternatif, par M. Maurice Leblanc fils                                                             | 385   |
| Machines électriques à haute fréquence. Leur théorie et leurs applications (Sur les), par M. J. Berthenod                                                    | 557   |
| Mesure des puissances réelles et réactives dans les réseaux polyphasés (La), par M. Pestarini.                                                               | 273   |
| Mesure des puissances réelles et réactives dans les réseaux polyphasés (La), (Observations), par MM. Masson, Defert, Pestarini                               | 288   |
| Nouvelles lampes à incandescence dites « demi-watt » (Les), par M. Ph. Bruder                                                                                | 625   |
| Nouvel appareil à deux aiguilles et à lecture instantanée pour la mesure des joints de rails, par M. Lebaupin                                                | 159   |
| Nouvel appareil à deux aiguilles et à lecture instantanée pour la mesure des joints des rails (Observations), par MM. Grassot, Guéry, Lebaupin et Mazen.     | 186   |
| Paratonnerre au radium (Sur un), par M. B. Szilard.                                                                                                          | 669   |
| Paratonnerre au radium (Observations sur un), par MM. Besson (P.) et Claude (G.)                                                                             | 686   |
| Progrès probables dans la réception des ondes faibles en télégraphies sans fil à longue portée (Sur les), par M. Abraham                                     | 295   |
| Progrès probables dans la réception des ondes faibles en télégraphie sans fil à longue portée (Sur les), (Observations), par MM. Jacquin, Parodi et Abraham. | 303   |
| Rappel d'une théorie générale de la commutation; quelques-unes de ses conséquences par M. Gratzmuller.                                                       | 77    |
| Surtensions par câbles souterrains, par M. P. Boucherot.                                                                                                     | 641   |
| Surtensions par câbles souterrains (Observations), par MM. Léauté (A.), Masson, Boucherot.                                                                   | 663   |
| Transformations statiques de fréquence (Les), par M. L. Joly                                                                                                 | 601   |
| Usines de la Compagnie Parisienne de Distribution d'électricité (Les), par M. Ed. Imbs.                                                                      | 451   |

### Communications techniques étrangères.

|                                                                                                                                    |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Actions d'un courant électrique et d'un champ magnétique transversal, sur la magnétisation du fer, par M. le Professeur A. Amerio. | 115      |
| Appareil pour l'amélioration du facteur de puissance, par M. Walker.                                                               | 111      |
| Applications des moteurs thermiques à la traction sur voies ferrées (Les), par M. Saint-Martin.                                    | 521      |
| Arcs à flamme jaune (Les), par M. Solomon                                                                                          | 113      |
| Art de s'éclairer logiquement (L'), par M. R. Chassériaud                                                                          | 429      |
| Aspect commercial du problème du chauffage et de la cuisine électrique, par M. T.-P. Wilmshurst                                    | 333      |
| Automaticité dans la téléphonie à longue distance (L'), par MM. H.-M. Friendly et A.-E. Burns.                                     | 106, 423 |
| Avertisseur public d'incendie système « Knight », par M. E.-E. Moore                                                               | 114      |

|                                                                                                                                                                                                                                             | Pages.   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Câble téléphonique sous-marin dans le golfe de Georgie (Un), par M. E.-P. La Belle...                                                                                                                                                       | 330      |
| Câbles téléphoniques à grande portée, et en particulier le câble téléphonique Berlin-Cologne (Les), par M. le Professeur Breisig.....                                                                                                       | 428      |
| Calculs pratiques sur les courants téléphoniques, par M. A.-J. Aldridge.....                                                                                                                                                                | 334      |
| Caractère des résistances d'isolement (Sur le), par M. S. Evershed.....                                                                                                                                                                     | 510      |
| Chauffage et la cuisine électrique dans la Marine (Le), par M. H.-J. Mauger.....                                                                                                                                                            | 614      |
| Chemins de fer départementaux de la Haute-Vienne, par M. A. Soulier.....                                                                                                                                                                    | 698      |
| Condensateur variant suivant une loi de carré, par M. W. Duddell.....                                                                                                                                                                       | 256      |
| Condenseurs de vapeurs indépendants, par M. W.-A. Dexter.....                                                                                                                                                                               | 331      |
| Conditions qui déterminent l'électrification des chemins de fer (Sur les), par Roger-T. Smith.....                                                                                                                                          | 420      |
| Conduite des groupes changeurs de fréquence, par N.-E. Funk.....                                                                                                                                                                            | 261, 422 |
| Conférence sur l'incinération des déchets ménagers, l'utilisation de la chaleur dégagée pour la production de l'énergie électrique et, subsidiairement, l'utilisation des cendres et l'épuration des fumées, par M. Tobiansky d'Altoff..... | 264      |
| Construction des lignes de transmission aérienne, par M. B. Welbourn.....                                                                                                                                                                   | 512      |
| Construction et installation modernes des ateliers et usines, par M. Razous.....                                                                                                                                                            | 697      |
| Contribution à l'étude de la tarification de l'énergie électrique, par M. Renzo Norsa..                                                                                                                                                     | 519      |
| Convertisseurs synchrones à 60 périodes, par M. L.-P. Crecellius.....                                                                                                                                                                       | 613      |
| Corrosion électrolytique du fer dans le sol, par MM. B. Mc. Collum et K.-H. Logan..                                                                                                                                                         | 258      |
| Cuisine électrique généralisée dans les nouveaux bâtiments de l'administration des usines (La), Siemens-Schuckert, par M. A. Steinhardt.....                                                                                                | 519      |
| Décharge disruptive (Sur la), par M. H.-J. Proument.....                                                                                                                                                                                    | 117      |
| Démarrage des moteurs synchrones, par M. F.-D. Newbury.....                                                                                                                                                                                 | 104, 327 |
| Dispositifs particuliers de moteurs à courants alternatifs triphasés à facteur de puissance et à vitesse réglables, par M. Gratzmuller.....                                                                                                 | 640      |
| Dispositifs pour améliorer le facteur de puissance sur les réseaux à courant triphasé. Résultats pratiques d'application, par M. G. Sartori.....                                                                                            | 519      |
| Dispositif pour les mesures téléphoniques, par M. A.-K. Erlang.....                                                                                                                                                                         | 335      |
| Distances explosives dans les installations électriques, par M. Gino Rebora.....                                                                                                                                                            | 115      |
| Distribution de l'électricité dans le Rand, par M. A.-E. Hadley.....                                                                                                                                                                        | 418      |
| Distribution de l'énergie électrique dans les grandes villes, par M. G. Klingenberg..                                                                                                                                                       | 608      |
| Éclairage électrique des trains (L'), par M. T. Fergusson.....                                                                                                                                                                              | 514      |
| Effet des charges de glace sur les lignes de transmission, par M. V.-H. Greisser.....                                                                                                                                                       | 263      |
| Effluve positive et l'effluve négative dans la précipitation électrique (Discussion), par M. Strong.....                                                                                                                                    | 423      |
| Électrification des ateliers (L'), par M. Ch. Fair.....                                                                                                                                                                                     | 109, 423 |
| Électrification des lignes de montagne, par Allen-H. Babcock.....                                                                                                                                                                           | 331      |
| Électrification naturelle ou artificielle de l'atmosphère (L), par Sir Oliver Lodge....                                                                                                                                                     | 419      |
| Emploi de la puissance au « Post Office », par M. H.-C. Gunton.....                                                                                                                                                                         | 514      |
| Emploi de l'électricité pour actionner le gouvernail des navires, par M. H.-L. Hibbard.                                                                                                                                                     | 615      |
| Emploi du télégraphe et du téléphone dans l'exploitation des chemins de fer à vapeur, par M. P. Clapp.....                                                                                                                                  | 612      |
| Emploi industriel des moteurs synchrones, par M. John-C. Parker.....                                                                                                                                                                        | 103, 321 |
| Enregistreurs (Sur les), par M. C.-P. Steinmetz.....                                                                                                                                                                                        | 611      |
| Essai des câbles à l'usine et après la pose en employant en particulier le courant continu à haute tension (L'), par M. le Dr L. Lichtenstein.....                                                                                          | 518      |

|                                                                                                                                        | Pages.   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| État actuel de la Téléphotographie (L'), par M. le Dr Korn.....                                                                        | 336      |
| Étude économique de l'emploi combiné de l'énergie hydraulique et de la vapeur,<br>par M. Cary-T. Hutchinson. ....                      | 610      |
| Étude oscillographique de l'effluve, par M. E. Bennett.....                                                                            | 107, 424 |
| Études sur la téléphonie automatique, par M. W.-Lee Campbell.....                                                                      | 516      |
| Évaluation de la température et à l'échauffement des machines et des câbles<br>(Discussions sur l').....                               | 107      |
| Exploitation des forêts par l'électricité, par E.-J. Barry .....                                                                       | 263      |
| Fabrication et pose du câble téléphonique Berlin-Magdebourg, par M. le Dr Ebeling.                                                     | 428      |
| Facteurs qui déterminent des tarifs équitables pour les entreprises d'utilité publique<br>(Sur les), par M. E. Cooley.....             | 614      |
| Formation de dépôts dans les transformateurs refroidis par l'huile, par M. A.-C.<br>Michie.....                                        | 331      |
| Générateur mécanique de rayons X pour chirurgie de guerre, utilisation en cam-<br>pagne, etc., par M. U. Magini.....                   | 617      |
| Influence de la forme de la courbe sur la marche des convertisseurs à induit unique,<br>par M. le Dr Linke.....                        | 518      |
| Instabilité dans les circuits électriques (L'), par M. Ch.-P. Steinmetz.....                                                           | 426      |
| Installation hydro-électrique du Pescara (L'), par M. G. Sartori .....                                                                 | 618      |
| Installations hydro-électriques de la Scandinavie et l'industrie de la fixation de<br>l'azote atmosphérique (Les), par M. F. Lori..... | 617      |
| Instruments de profil à échelle droite, par M. le Dr Keinath .....                                                                     | 428      |
| Isolateurs à suspension (Les), par M. H.-W. Buck .....                                                                                 | 692      |
| Interrupteurs à huile pour grandes puissances et hautes tensions (Discussion sur<br>les), par M. Randall.....                          | 516      |
| La « Clyde Valley Power Co », par M. D.-A. Starr.....                                                                                  | 111      |
| Lampes au tungstène à haut rendement, par MM. Irving Langmuir et J.-A.<br>Orange.....                                                  | 108, 613 |
| Lignes de transmission électrique (Sur les), par M. Lee Hagood.....                                                                    | 328, 614 |
| Locomotives électriques (Les), par M. F. Lydall.....                                                                                   | 333      |
| Locomotives électriques pour mines, par M. G.-M. Eaton.....                                                                            | 693      |
| Machines à synchronisation automatique, par M. E. Rosenberg .....                                                                      | 511      |
| Machines à vapeur de mercure, par M. W.-L.-R. Emmett.....                                                                              | 610      |
| Machines électriques dans l'industrie du caoutchouc (Les) par M. C.-A. Kelsey.....                                                     | 111      |
| Mesure de la perte de chaleur dans le gaz qui s'échappent d'un appareil de chauffage<br>(Sur la), par M. Stefano Pagliani.....         | 618      |
| Mesure du travail d'hystérésis exécutée avec un électrodynamomètre balistique (Sur<br>la), par M. G. Lignana .....                     | 116      |
| Mesures de contrôle dans les installations à très haute tension (Les), par M. A. Bar-<br>bagelata.....                                 | 520      |
| Méthode électrostatique pour mesurer la puissance, par MM. C.-C. Paterson, E.-H.<br>Rayner et A. Kinnet.....                           | 608      |
| Moteur monophasé à collecteur avec bobinage permettant de changer le nombre des<br>pôles, par MM. J.-S. Nicholson et R.-P. Haigh ..... | 111      |
| Moyens de produire de l'avance de phase (Sur les), par M. le Dr G. Kapp .....                                                          | 689      |
| Note sur l'établissement du réseau d'éclairage et de distribution d'énergie de la ville<br>d'Odessa, par M. H. Scoumanne.....          | 114      |



|                                                                                                                                            |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Nouveau bureau central télégraphique à Calcutta et les installations télégraphiques aux Indes anglaises (Le), par M. C.-T. Williams.....   | 690      |
| Nouveau marteau électromagnétique à riveter et à cisailer (Sur une), par M. L. Schuler.....                                                | 517      |
| Opportunité de créer un formulaire de l'American Institute of Electrical Engineers (Sur l').....                                           | 611      |
| Prix de l'énergie électrique à l'usine, par M. H.-M. Hobart.....                                                                           | 517      |
| Problèmes des lignes de transmission à haute tension.....                                                                                  | 692      |
| Production, la distribution et l'emploi de l'électricité dans les charbonnages (Sur la), par M. F. Leprince-Ringuet.....                   | 697      |
| Projets d'essai-type et de spécification pour les isolateurs à haute tension.....                                                          | 261      |
| Quelle tournure faudrait-il donner à l'enseignement des mesures électriques, par M. G. Revessi.....                                        | 616      |
| Quelques applications de l'électricité en médecine, par M. le Dr P. Grossmann.....                                                         | 616      |
| Quelques données sur le rendement des précipitations au point de vue de l'alimentation des cours d'eau, par M. G. Anfossi.....             | 617      |
| Quelques facteurs à prendre en considération dans la marche en parallèle des alternateurs (Sur), par M. A.-R. Everest.....                 | 111      |
| Quelques oscillogrammes de courant observés dans deux circuits couplés inductivement, par M. G. Vallauri.....                              | 520      |
| Question de la traction électrique en Belgique (La), par M. J. Carlier.....                                                                | 114      |
| Rapport général sur les usines, l'organisation, les concessions et les franchises de la « Companhia Brasileira de Energia Electrica »..... | 697      |
| Réactance et les bobines de réactance sur les réseaux (La), par M. E.-P. Hollis.....                                                       | 256      |
| Réactances de protection dans les grandes stations centrales (Les), par MM. James Lyman, Allen-M. Roosman et Leslie-L. Perr.....           | 424      |
| Recherches expérimentales sur une ligne téléphonique artificielle à la fréquence 760, par MM. A.-E. Kennelly et J.-W. Lieberknecht.....    | 104, 432 |
| Recherches sur la protection des bâtiments contre la foudre, par M. L.-A. de Blois..                                                       | 694      |
| Réflexions sur la profession d'ingénieur, par M. William Mc Clellan.....                                                                   | 106, 422 |
| Refroidissement des bâtiments par la circulation de l'air dans les parois creuses, par M. J.-W. Meares.....                                | 331      |
| Relation entre la grandeur des usines génératrices et le prix de l'énergie, par M. P.-M. Lincoln.....                                      | 109, 612 |
| Réunion de la Commission électrotechnique internationale à Berlin.....                                                                     | 516      |
| Rigidité diélectrique de l'air (Discussion), par MM. Whitehead, Fitch et Peek....                                                          | 423      |
| Rigidité électrostatique des isolants en feuilles minces (La), par M. F.-M. Farmer..                                                       | 421      |
| Saturation des pôles de commutation dans les machines à courant continu (La), par M. Harold-E. Stokes.....                                 | 260      |
| Schémas des tableaux de distribution de quelques grandes centrales américaines (Les), par M. R. Norsa.....                                 | 617      |
| Sensibilité électrique des flammes et son application (La), par M. Bruno Thieme....                                                        | 335      |
| Soupapes de sûreté en dérivation, par M. G. Gola.....                                                                                      | 519      |
| Sources de courant continu pour l'électrochimie (Les), par M. F.-D. Newbury.....                                                           | 425      |
| Sous-stations automatiques, par M. H.-R. Summerhayes.....                                                                                  | 103, 422 |
| Sous-station dans le district minier de Cœur d'Allène (Une), par M. John-B. Fiskens..                                                      | 329      |

|                                                                                                                                                                            |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Sous-stations de convertisseurs installées dans les sous-sols, par M. B.-G. Jamieson.....                                                                                  | 110, 422 |
| Sous-stations en Pensylvanie (Les), par M. H.-L. Fullerton.....                                                                                                            | 427      |
| Sous-stations en plein air comparées aux sous-stations encloses (Les), par M. A. Macomber.....                                                                             | 426      |
| Sous-stations en plein air dans l'Ouest-moyen (Les), par M. Leslie-L. Perr.....                                                                                            | 427      |
| Sous-stations en plein air en Nouvelle-Angleterre (Les), par M. Fred.-L. Hunt.....                                                                                         | 427      |
| Sous-stations industrielles, par M. H.-P. Liversidge.....                                                                                                                  | 110      |
| Spécification pour le caoutchouc.....                                                                                                                                      | 264      |
| Spécification pour les compteurs d'électricité, par M. S.-H. Holden.....                                                                                                   | 512      |
| Stabilité de couplage des alternateurs (Sur la), par M. Osc. Colard.....                                                                                                   | 114      |
| Surintensité et surtension dans la mise en circuit de moteurs à courants alternatifs et de transformateurs, par M. le Dr Linke.....                                        | 335      |
| Surtensions (Les), par M. W. Duddell.....                                                                                                                                  | 513      |
| Système d'éclairage par lampes à incandescence en série et transformateurs à courant constant, par M. G.-G. Ponti.....                                                     | 116      |
| Système Thury dans les mines (Le), par M. S.-F. Walker.....                                                                                                                | 255      |
| Théorie de la chaînette non élastique et de la chaînette élastique avec applications aux lignes de transmission, par MM. C.-A. Pierce, F.-J. Adams et G.-J. Gilchrest..... | 105      |
| Théorie du coup de bélier (La), par M. L. Allievi.....                                                                                                                     | 116      |
| Traction mono-polyphasée (La), par M. G. Sartori.....                                                                                                                      | 520      |
| Transformateur de courant pour très petites intensités, par M. E. Bennett.....                                                                                             | 615      |
| Transformateurs statiques changeant à la fois la tension et la fréquence, par M. A.-M. Taylor.....                                                                         | 691      |
| Transmission à tension constante, par M. H.-B. Dwight.....                                                                                                                 | 105, 321 |
| Utilisation de l'énergie électrique, par M. E.-W. Milns.....                                                                                                               | 512      |
| Variations avec la vitesse angulaire des pertes dans les machines à courant continu, par M. W.-M. Thornton.....                                                            | 112      |

## TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

CITÉS DANS LE TOME IV (3<sup>e</sup> SÉRIE).

|                                                                                                                                                     | Pages.   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| ABRAHAM. — Sur les progrès probables dans la réception des ondes faibles en télégraphie sans fil à longue portée.....                               | 295, 303 |
| ADAMS (F.-J.), GILCHREST (G.-J.), PIERCE (C.-A.) — Théorie de la chaînette non élastique avec applications aux lignes de transmission (Résumé)..... | 105      |
| ALDRIDGE (A.-J.). — Calculs pratiques sur les courants téléphoniques (Résumé)....                                                                   | 334      |
| ALLEN ROSSMANN, LESLIE-L. PERR, JAMES LYMAN. — Les réactances de protection dans les grandes stations centrales (Résumé).....                       | 424      |
| ALLIEVI (L.). — La théorie du coup de bélier (Résumé).....                                                                                          | 116      |
| ANFOSSI (G.). — Quelques données sur le rendement des précipitations au point de vue de l'alimentation des cours d'eau (Résumé).....                | 617      |
| ANTON LAMPA (Dr). — Welchs Istromversuche ( <i>Bibl.</i> ).....                                                                                     | 524      |
| AMERIO (A.). — Actions d'un courant électrique et d'un champ magnétique transversal sur la magnétisation du fer (Résumé).....                       | 115      |
| ARMAGNAT (H.). — Dynamos pour l'éclairage des automobiles.....                                                                                      | 129      |
| BABCOCK (ALLEN-H.). — Électrification des lignes de montagnes (Résumé).....                                                                         | 331      |
| BANCELIN. — Exposition universelle et internationale de Bruxelles 1910 : Section française, Groupe V, Électricité ( <i>Bibl.</i> ).....             | 698      |
| BARBAGELATA (A.). — Les mesures de contrôle dans les installations à très haute tension (Résumé).....                                               | 520      |
| BARBILLION (L.) — Traction électrique par courants alternatifs ( <i>Bibl.</i> ).....                                                                | 265      |
| BARBILLION (L.). — Traction électrique par courants continus ( <i>Bibl.</i> ).....                                                                  | 265      |
| BARBILLON (L.) et POIRSON (E.). — Appareillage d'interruption ( <i>Bibl.</i> ).....                                                                 | 431      |
| BARRY (E.-J.). — Exploitation des forêts par l'électricité (Résumé).....                                                                            | 263      |
| BENISCHKE (G.). — Die Schutzvorrichtungen der Starkstromtechnik gegenatmosphärische Entladungen und Ueberspannungen ( <i>Bibl.</i> ).....           | 524      |
| BENNETT (E.). — Étude oscillographique de l'effluve (Résumé). ....                                                                                  | 107, 424 |
| BENNETT (E.). — Transformateur de courant pour très petites intensités (Résumé) ..                                                                  | 615      |
| BERGER (K.). — La télégraphie et la téléphonie simultanées et la téléphonie multiple ( <i>Bibl.</i> ).....                                          | 266      |
| BERTHELOT (D.), Président sortant. — Allocution.....                                                                                                | 405      |
| BESSON (P.) et CLAUDE (G.). — Observations sur un paratonnerre au radium.....                                                                       | 686      |
| BLOIS (L.-A. DE). — Recherches sur la protection des bâtiments contre la foudre (Résumé).....                                                       | 694      |
| BETHENOD (J.). — Sur les machines électriques à haute fréquence. Leur théorie et leurs applications.....                                            | 557      |

|                                                                                                                                          | Pages.   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| BOUCHEROT (P.). — Surtensions par câbles souterrains. ....                                                                               | 641, 666 |
| BREISIG (Le Professeur). — Les câbles téléphoniques à grande portée et en particulier le câble téléphonique Berlin-Cologne (Résumé)..... | 428      |
| BREITFELD (Le Dr C.). — Berechnung von Wechselstrom Fernleitungen ( <i>Bibl.</i> ) ....                                                  | 265      |
| BRYLINSKI (E.), Président entrant. — Allocution. ....                                                                                    | 409      |
| BRUDER (Ph.). — Les nouvelles lampes à incandescence dites « demi-watt ».....                                                            | 625      |
| BRUNO-THIENNÉ. — La sensibilité électrique des flammes et son application (Résumé). ....                                                 | 335      |
| BUCK (H.-W.). — Les isolateurs à suspension (Résumé).....                                                                                | 692      |
| BURNS (A.-E.), FRIENDLY (H.-M.). — L'automatisme dans la téléphonie à longue distance (Résumé),.....                                     | 106, 423 |
| CAPART (G.). — La protection des réseaux et des installations électriques contre les surtensions ( <i>Bibl.</i> ).....                   | 339      |
| CARLIER (J.). — La question de la traction électrique en Belgique (Résumé).....                                                          | 114      |
| CHALKLEY (A.-P.). — Les moteurs Diesel ( <i>Bibl.</i> ).....                                                                             | 522      |
| CHASSÉRIAUD (R.). — L'art de s'éclairer logiquement (Résumé).....                                                                        | 429      |
| CLAPP (P.). — Emploi du télégraphe et du téléphone dans l'exploitation des chemins de fer à vapeur (Résumé).....                         | 612      |
| CLAUDE (G.) et BESSON (P.). — Observations sur un paratonnerre au radium ....                                                            | 686      |
| CLINKER (R.-E.). — Tensions et courants des harmoniques dans les transformateurs en Y et en $\Delta$ (Résumé).....                       | 700      |
| COLARD (Osc.). — Sur la stabilité du couplage des alternateurs (Résumé).....                                                             | 114      |
| COOLEY (E.). — Sur les facteurs qui déterminent des tarifs équitables pour les entreprises d'utilité publique (Résumé).....              | 614      |
| COLLMAN, LOGAN. — Corrosion électrolytique du fer dans le sol (Résumé).....                                                              | 258      |
| CORDIER (Commandant F.). — Les machines à vapeur ( <i>Bibl.</i> ).....                                                                   | 430      |
| CRECELLIUS (L.-P.). — Convertisseurs synchrones à 60 périodes (Résumé).....                                                              | 613      |
| CURCHOD (Ad.). — Installations de forces et lumière. Schémas de connexion ( <i>Bibl.</i> ).....                                          | 121      |
| DEBAINS (Dr), LATOUR (M.), JACQUIN (Ch.). — Observations sur les dynamos pour l'éclairage des automobiles.....                           | 154      |
| DEFERT, PESTARINI, MASSON. — Observations sur la mesure des puissances réelles et réactives dans les réseaux polyphasés.....             | 288      |
| DEJEAN (P.). — Contribution à l'étude des variations du ferromagnétisme en fonction de la température.....                               | 11       |
| DEXTER (W.-A.). — Condensateurs de vapeurs indépendants (Résumé).....                                                                    | 331      |
| DUDDLELL (W.). — Condensateur variant suivant une loi de carré (Résumé).....                                                             | 256      |
| DUDDLELL (W.). — Les surtensions (Résumé).....                                                                                           | 513      |
| DRUMEAUX (P.). — La téléphonie à grande distance et la téléphonie sans fil ( <i>Bibl.</i> )..                                            | 122      |
| DWIGHT (H.-B.). — Transmission à tension constante (Résumé).....                                                                         | 105      |
| EATON (G.-M.). — Locomotives électriques pour mines (Résumé).....                                                                        | 693      |
| EBELING (Le Dr). — Fabrication et pose du câble téléphonique Berlin-Magdebourg (Résumé).....                                             | 428      |
| ERLAND (A.-K.). — Dispositif pour les mesures téléphoniques (Résumé).....                                                                | 335      |
| EMMETT (W.-L.- R.). — Machines à vapeur de mercure (Résumé).....                                                                         | 610      |
| EVEREST (A.-R.). — Sur quelques facteurs à prendre en considération dans la marche en parallèle des alternateurs (Résumé).....           | 111      |
| EVERSHED (S.). — Sur le caractère des résistances d'isolement (Résumé).....                                                              | 510      |
| FAIR (Ch.). — L'électrification des ateliers (Résumé).....                                                                               | 109      |

|                                                                                                                                                                                  | Pages.   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| FARMER. — La rigidité électrostatique des isolants en feuilles minces (Résumé)...                                                                                                | 329      |
| FERGUSSON (T.). — L'éclairage électrique des trains (Résumé).....                                                                                                                | 514      |
| FERRIÉ (Lieutenant-Colonel). — Sur les éclateurs employés en Télégraphie sans fil .                                                                                              | 531      |
| FICH, PEAK, WHITHEAD. — La rigidité diélectrique de l'air (Résumé) .....                                                                                                         | 423      |
| FISKEN. — Une sous-station dans le district minier de Cœur d'Alène (Résumé).                                                                                                     | 329      |
| FLEMING. — Propagation des courants électriques dans les conducteurs télégra-<br>phiques et téléphoniques ( <i>Bibl.</i> ) .....                                                 | 266      |
| FOULOUZE (A.). — L'association en participation et ses applications. Les Syndicats<br>financiers ( <i>Bibl.</i> ) .....                                                          | 523      |
| FOVEAU DE COURMELLES. — L'année électrique, électrothérapique et radiographique<br>( <i>Bibl.</i> ) .....                                                                        | 267      |
| FRIENDLY (H.-M) et BURNS (A.-E.). — L'automatisme dans la téléphonie à longue<br>distance (Résumé). .....                                                                        | 106, 423 |
| FULLERTON (H.-L.). — Les sous-stations en Pensylvanie (Résumé) .....                                                                                                             | 427      |
| FUNK (N.-E.). — Conduite des groupes changeurs de fréquence (Résumé).....                                                                                                        | 261      |
| GADOT (P.). — Notions sur les accumulateurs électriques ( <i>Bibl.</i> ) .....                                                                                                   | 119      |
| GILCREST (G.-J.), PIERCE (C.-A.), ADAMS (F.-J.). — Théorie de la chaînette non<br>élastique avec applications aux lignes de transmission (Résumé).....                           | 105      |
| GINO REMORA. — Distances explosives dans les installations électriques (Résumé) ..                                                                                               | 115      |
| GIRAULT (P.). — A propos de transformateurs .....                                                                                                                                | 187      |
| GOLA (G.). — Soupapes de sûreté en dérivation (Résumé) .....                                                                                                                     | 519      |
| GORCE (P. DE LA). — La détermination des harmoniques d'une courbe de tension<br>alternative par la méthode de résonance. Quelques causes d'erreur. Précaution<br>à prendre ..... | 545      |
| GRASSOT, GUÉRY, LEBAPIN, MAZEN. — Observations sur le nouvel appareil à deux<br>aiguilles et à lecture instantanée pour la mesure des joints de rails .....                      | 186      |
| GRATZMULLER. — Rappel d'une théorie générale de la commutation; quelques-unes<br>de ses conséquences .....                                                                       | 77       |
| GRATZMULLER. — Dispositifs particuliers de moteurs à courants alternatifs triphasés<br>à facteur de puissance et à vitesse réglables.....                                        | 640      |
| GREISSER (V.-H.). — Effet des charges de glace sur les lignes de transmission<br>(Résumé) .....                                                                                  | 263      |
| GROSSELIN (J.). — Les canalisations isolées ( <i>Bibl.</i> ) .....                                                                                                               | 431      |
| GROSSMANN (Dr S.). — Quelques applications de l'électricité en médecine (Résumé)                                                                                                 | 616      |
| GUÉRY. — Sur le critérium de bonne commutation de M. Mauduit et la commutation<br>en régime variable .....                                                                       | 39       |
| GUÉRY, LEBAPIN, MAZEN, GRASSOT. — Observations sur le nouvel appareil à deux<br>aiguilles et à lecture instantanée pour la mesure des joints de rails .....                      | 186      |
| GUILLEMINOT (H.). — Les nouveaux horizons de la science ( <i>Bibl.</i> ) .....                                                                                                   | 118      |
| GUNTON (H.-C.). — Emploi de la puissance au « Post Office » (Résumé).....                                                                                                        | 514      |
| HAIGH (B.-P.) et NICHOLSON (J.-S.). — Moteur monophasé à collecteur avec bobi-<br>nages permettant de changer le nombre des pôles (Résumé) .....                                 | 111      |
| HADLEY (A.-E.). — Distribution de l'électricité dans le Rand (Résumé).....                                                                                                       | 418      |
| HAROLD, STOKES (E.). — La saturation des pôles de commutation dans les ma-<br>chines à courant continu (Résumé) .....                                                            | 260      |
| HIBBARD (H.-L.). — Emploi de l'électricité pour actionner le gouvernail des navires<br>(Résumé) .....                                                                            | 615      |

|                                                                                                                                                          | Pages.   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| HOBART (H.-M.). — Prise de l'énergie électrique à l'usine (Résumé).....                                                                                  | 517      |
| HOLDEN (S.-H.). — Spécification pour les compteurs d'électricité (Résumé).....                                                                           | 512      |
| HOLLARD (A.). — La théorie des ions et l'électrolyse ( <i>Bibl.</i> ).....                                                                               | 266      |
| HOLLI (E.-P.). — La réactance et les bobines de réactance sur les réseaux (Résumé).....                                                                  | 256      |
| HUNT (Fred.-L.). — Les sous-stations en plein air en Nouvelle-Angleterre (Résumé).....                                                                   | 427      |
| HUTCHINSON (Cary-T.). — Étude économique de l'emploi combiné de l'énergie<br>hydraulique et de la vapeur (Résumé).....                                   | 610      |
| IMBS (Ed.). — Les usines de la Compagnie Parisienne de Distribution d'électricité..                                                                      | 451      |
| INSTITUT SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIEL. — Le gaz pauvre est-il réellement avanta-<br>geux ? ( <i>Bibl.</i> ).....                                           | 118      |
| INSTITUT SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIEL. — Les rayons ultraviolets et leurs applica-<br>tions ( <i>Bibl.</i> ).....                                          | 118      |
| IRVING LANGMUIR, ORANGE (J.-A.). — Lampes au tungstène à haut rendement<br>(Résumé).....                                                                 | 108      |
| JACQUIN (Ch.), DEBAINS (Dr), LATOUR (M.). — Observations sur les dynamos pour<br>l'éclairage des automobiles.....                                        | 154      |
| JACQUIN, PARODI, ABRAHAM. — Observations sur les progrès probables dans la récep-<br>tion des ondes faibles en télégraphie sans fil à longue portée..... | 303      |
| JAMES LYMAN, ALLEN ROSSMAN, LESLIE-L. PERR. — Les réactances de protection<br>dans les grandes stations centrales (Résumé).....                          | 424      |
| JANET (P.). — Compte rendu sur le Laboratoire central et l'École supérieure d'Élec-<br>tricité.....                                                      | 350      |
| JAMICSON (B.-G.). — Sous-stations de convertisseurs installées dans les sous-sols<br>(Résumé).....                                                       | 110      |
| JOLY (L.). — Les transformateurs statiques de fréquence.....                                                                                             | 601      |
| KAPP (Dr G.). — Sur les moyens de produire de l'avance de phase (Résumé).....                                                                            | 689      |
| KEINATH (Dr). — Instruments de profil à échelle droite (Résumé).....                                                                                     | 428      |
| KELSEY (C.-A.). — Les machines électriques dans l'industrie du caoutchouc<br>(Résumé).....                                                               | 111      |
| KENNELLY (A.-E.) et LIEBERKNECHT (F.-W.). — Recherches expérimentales sur une<br>ligne téléphonique artificielle à la fréquence de 760 (Résumé).....     | 104, 423 |
| KINNES (A.), PETORSON (C.-C.), RAYNER (E.-H.). — Méthode électrostatique pour<br>mesurer la puissance (Résumé).....                                      | 608      |
| KLINGENBERG (G.). — Distribution de l'énergie électrique dans les grandes villes<br>(Résumé).....                                                        | 608      |
| KORN (Dr). — L'état actuel de la Téléphotographie (Résumé).....                                                                                          | 336      |
| KOWALSKI (Professeur Dr J.). — L'étincelle oscillante comme source économique<br>de rayons ultraviolets avec quelques applications.....                  | 437      |
| LA BELLE (E.-P.). — Un câble téléphonique sous-marin dans le golfe de Georgie<br>(Résumé).....                                                           | 330      |
| LAPORTE. — Essais photométriques sommaires d'appareils cinématographiques....                                                                            | 381      |
| LATOUR (M.), DEBAINS (Dr), JACQUIN (Ch.). — Observations sur les dynamos<br>pour l'éclairage des automobiles.....                                        | 154      |
| LÉAUTÉ (A.), MASSON, BOUCHEROT. — Observations sur les surtensions par câbles<br>souterrains.....                                                        | 663      |
| LEE CAMPBELL (W.). — Études sur la téléphonie automatique (Résumé).....                                                                                  | 516      |
| LEE HAGOOD. — Sur les lignes de transmission électrique (Résumé).....                                                                                    | 328      |

|                                                                                                                                                                        |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| LEFEBVRE (R.) et ZACON (L.). — Manuel pratique de prévention des accidents de travail ( <i>Bibl.</i> ) .....                                                           | 523      |
| LEPRINCE-RINGUET (F.). — Sur la production, la distribution et l'emploi de l'électricité dans les charbonnages (Résumé) .....                                          | 697      |
| LESLIE-L. PERR, JAMES LYMAN, ALLEN ROSSMANN. — Les réactances de protection dans les grandes stations centrales (Résumé).....                                          | 424      |
| LESLIE-L. PERR. — Les sous-stations en plein air dans l'Ouest-Moyen (Résumé)...                                                                                        | 427      |
| LEBAUPIN. — Nouvel appareil à deux aiguilles et à lecture instantanée pour la mesure des joints de rails.....                                                          | 159, 186 |
| LEBLANC fils (Maurice). — Lampe à vapeur de mercure à deux électrodes pour courant alternatif.....                                                                     | 385      |
| LEHMANN RICHTER (Dr Phil.). — Prüfungin elektrischen zentralen ( <i>Bibl.</i> ).....                                                                                   | 431      |
| LE ROY (M.-C.). — Transport de force. Calculs techniques et économiques des lignes de transport de force et de distribution d'énergie électrique ( <i>Bibl.</i> )..... | 267      |
| LIEBERKNECHT (F.-W.) et KENNELLY (A.-E.). — Recherches expérimentales sur une ligne téléphonique artificielle à la fréquence de 760 (Résumé).....                      | 104, 423 |
| LICHTENSTEIN (Dr L.). — L'essai des câbles à l'usine et après la pose en employant en particulier le courant continu à haute tension (Résumé) .....                    | 518      |
| LIGNANA (G.). — Sur la mesure du travail d'hystérésis exécutée avec un électrodynamomètre balistique (Résumé) .....                                                    | 116      |
| LINCOLN (P.-M.). — Relation entre la grandeur des usines génératrices et le prix de l'énergie (Résumé) .....                                                           | 109      |
| LINKE (Dr). — Influence de la forme de la courbe sur la marche des convertisseurs à induit unique (Résumé).....                                                        | 518      |
| LINKE (Dr). — Surintensité et surtension dans la mise en circuit de moteurs à courants alternatifs et de transformateurs (Résumé) .....                                | 335      |
| LIVERSIDGE (H.-P.). — Sous-stations industrielles (Résumé).....                                                                                                        | 110      |
| LOGAN, COLLUM. — Corrosion électrolytique du fer dans le sol (Résumé).....                                                                                             | 260      |
| LORI (F.). — Les installations hydro-électriques de la Scandinavie et l'industrie de la fixation de l'azote atmosphérique (Résumé).....                                | 617      |
| LORENZ (H.). — Nouvelle théorie et calcul des roues-turbines ( <i>Bibl.</i> ) .....                                                                                    | 619      |
| LYDALL (F.). — Les locomotives électriques (Résumé) .....                                                                                                              | 333      |
| MACOMBER (A.). — Les sous-stations en plein air comparées aux sous-stations encloses (Résumé) .....                                                                    | 426      |
| MAGINI (U.). — Générateur mécanique de rayons X pour chirurgie de guerre, utilisation en campagne, etc. (Résumé).....                                                  | 617      |
| MASSON, BOUCHEROT, LÉAUTÉ (A.). — Observations sur les surtensions par câbles souterrains .....                                                                        | 663      |
| MASSON, DEFERT, PESTARINI. — Observations sur la mesure des puissances réelles et réactives dans les réseaux polyphasés .....                                          | 288      |
| MARIENS (S.). — Télégraphie sans fil. Vade-Mecum de l'amateur sans-filiste ( <i>Bibl.</i> ) .....                                                                      | 33       |
| MAUDUIT (A.). — Contribution expérimentale et théorique à l'étude de la commutation dans les dynamos à courant continu ( <i>Bibl.</i> ) .....                          | 619      |
| MAUGER (H.-J.). — Le chauffage et la cuisine électrique dans la Marine (Résumé)...                                                                                     | 614      |
| MAZEN, GRASSOT, GUÉRY, LEBAUPIN. — Observations sur le nouvel appareil à deux aiguilles et à lecture instantanée pour la mesure des joints de rails .....              | 186      |

|                                                                                                                                                                                                           |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| MEARES (J.-W.). — Refroidissement des bâtiments par la circulation de l'air dans les parois creuses (Résumé).....                                                                                         | 331      |
| MICHIE (A.-C.). — Formation de dépôts dans les transformateurs refroidis par l'huile (Résumé).....                                                                                                        | 331      |
| MILMS (W.-E.). — Utilisation de l'énergie électrique (Résumé).....                                                                                                                                        | 519      |
| MIS (G.). — L'électricien amateur à l'entraînement ( <i>Bibl.</i> ).....                                                                                                                                  | 119      |
| MONTPELLIER (J.-A.). — Manuel pratique de l'ouvrier électricien mécanicien ( <i>Bibl.</i> ).....                                                                                                          | 340      |
| MOORE (E.-E.). — Avertisseur public d'incendie système « Knight » (Résumé).....                                                                                                                           | 114      |
| NEWBURY (F.-D.). — Démarrage des moteurs synchrones (Résumé).....                                                                                                                                         | 104      |
| NEWBURY (F.-D.). — Les sources de courant continu pour l'électrochimie (Résumé).....                                                                                                                      | 425      |
| NICHOLSON (J.-S.) et HAIGH (B.-P.). — Moteur monophasé à collecteur avec bobines permettant de changer le nombre des pôles (Résumé).....                                                                  | 111      |
| NORSA (R.). — Les schémas des tableaux de distribution de quelques grandes centrales américaines (Résumé).....                                                                                            | 617      |
| OLLIVIER (H.). — Cours de Physique générale à l'usage des candidats au certificat de Physique générale, au diplôme d'ingénieur électricien et à l'agrégation des Sciences physiques ( <i>Bibl.</i> )..... | 122      |
| ORANGE (J.-A.) et IRVING LANGMUIR. — Lampes au tungstène à haut rendement (Résumé).....                                                                                                                   | 108      |
| PAGLIANI (Stefano). — Sur la mesure de la perte de chaleur dans les gaz qui s'échappent d'un appareil de chauffage (Résumé).....                                                                          | 618      |
| PAILLARD (G.). — Encyclopédie électrotechnique. Accumulateurs électriques ( <i>Bibl.</i> ).....                                                                                                           | 121      |
| PARKER (John C.). — Emploi industriel des moteurs synchrones (Résumé).....                                                                                                                                | 103      |
| PARODI, ABRAHAM, JACQUIN. — Observations sur les progrès probables dans la réception des ondes faibles en télégraphie sans fil à longue portée.....                                                       | 303      |
| PATERSON (C.-C.), RAYNER (E.-H.), KINNES (A.). — Méthode électrostatique pour mesurer la puissance (Résumé).....                                                                                          | 608      |
| PECK, WHITHEAD, FICH. — La rigidité diélectrique de l'air (Résumé).....                                                                                                                                   | 423      |
| PERRET-MAISONNEUVE (A.). — La télégraphie sans fil et la loi. Réglementation. Technique usuelle ( <i>Bibl.</i> ).....                                                                                     | 522      |
| PERCHERON. — Formulaire du candidat ingénieur ( <i>Bibl.</i> ).....                                                                                                                                       | 523      |
| PEROT (A.). — Sur une contribution à la production des champs magnétiques élevés ou étendus.....                                                                                                          | 307      |
| PESTARINI. — La mesure des puissances réelles et réactives dans les réseaux polyphasés.....                                                                                                               | 273, 288 |
| PIERCE (C.-A.), ADAMS (F.-J.), GILCREST (G.-S.). — Théorie de la chaînette non élastique avec applications aux lignes de transmission (Résumé).....                                                       | 105      |
| POIRSON (E.) et BARBILLION (L.). — Appareillage d'interruption ( <i>Bibl.</i> ).....                                                                                                                      | 431      |
| PONTI (G.-G.). — Système d'éclairage par lampes à incandescence en série et transformateurs à courant constant (Résumé).....                                                                              | 116      |
| PROUMENT (H.-J.). — Sur la décharge disruptive (Résumé).....                                                                                                                                              | 117      |
| RAYNER (E.-H.), KINNES (A.), PATERSON (C.-C.). — Méthode électrostatique pour mesurer la puissance (Résumé).....                                                                                          | 608      |
| RAZOUS. — Construction et installation modernes des ateliers et usines (Résumé) ..                                                                                                                        | 697      |
| REMAURY (A.). — Canalisations d'éclairage ( <i>Bibl.</i> ).....                                                                                                                                           | 619      |
| RENZO NORSA. — Contribution à l'étude de la tarification de l'énergie électrique (Résumé).....                                                                                                            | 519      |



|                                                                                                                                                                                                                                                 | Pages. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| ROSENBERG (E.). — Machines à synchronisation automatique (Résumé).....                                                                                                                                                                          | 511    |
| REVESSI (G.). — Quelle tournure faudrait-il donner à l'enseignement des mesures électriques ? (Résumé) .....                                                                                                                                    | 616    |
| ROBERJOT (P.). — Bibliothèque de l'enseignement technique. Travaux pratiques d'électricité industrielle ( <i>Bibl.</i> ).....                                                                                                                   | 119    |
| ROBIN (F.). — Arboreescences cristallines vues à la lumière polarisée.....                                                                                                                                                                      | 541    |
| ROBIN (F.). — Observation sur la contribution à l'étude des variations du ferromagnétisme en fonction de la température.....                                                                                                                    | 33     |
| ROSSMANN (ALLEN), LESLIE-L. PERR, JAMES LYMAN. — Les réactances de protection dans les grandes stations centrales (Résumé).....                                                                                                                 | 424    |
| SAINT-MARTIN. — Les applications des moteurs thermiques à la traction sur voies ferrées (Résumé) .....                                                                                                                                          | 521    |
| SARTORI (G.). — Dispositifs pour améliorer le facteur de puissance sur les réseaux à courant triphasé. Résultats pratiques d'application (Résumé).....                                                                                          | 519    |
| SARTORI (G.). — La traction mono-pol,phasée (Résumé).....                                                                                                                                                                                       | 520    |
| SARTORI (G.). — L'installation hydro-électrique du Pescara (Résumé) .....                                                                                                                                                                       | 618    |
| SCHILS (J.). — Installations téléphoniques ( <i>Bibl.</i> ) .....                                                                                                                                                                               | 120    |
| SCHULER (L.). — Sur un nouveau marteau électromagnétique à riveter et à cisailier (Résumé) .....                                                                                                                                                | 517    |
| SCHULZ (E.). — Les maladies des machines électriques ( <i>Bibl.</i> ).....                                                                                                                                                                      | 340    |
| SCOUMANNE (H.). — Note sur l'établissement du réseau d'éclairage et de distribution d'énergie de la ville d'Odessa (Résumé) .....                                                                                                               | 114    |
| SIR OLIVER LODGE. — L'électrification naturelle ou artificielle de l'atmosphère (Résumé) .....                                                                                                                                                  | 419    |
| SMITH (ROGER-T.). — Sur les conditions qui déterminent l'électrification des chemins de fer (Résumé) .....                                                                                                                                      | 420    |
| SOLOMON. — Les arcs à flamme jaune (Résumé) .....                                                                                                                                                                                               | 113    |
| SOULIER (A.). — Chemins de fer départementaux de la Haute-Vienne (Résumé)....                                                                                                                                                                   | 698    |
| STARR (D.-A.). — La « Clyde Valley Power Co » (Résumé).....                                                                                                                                                                                     | 111    |
| STEINHARDT (A.). — La cuisine électrique généralisée dans les nouveaux bâtiments de l'administration des usines Siemens-Schuckert (Résumé) .....                                                                                                | 519    |
| STEINMETZ (P.-Ch.). — L'instabilité dans les circuits électriques (Résumé).....                                                                                                                                                                 | 426    |
| STEINMETZ (C.-P.). — Sur les enregistreurs (Résumé) .....                                                                                                                                                                                       | 611    |
| STOKES (E.) et HAROLD. — La saturation des pôles de commutation dans les machines à courant continu (Résumé) .....                                                                                                                              | 260    |
| STRONG. — Discussion de la Communication sur « l'effluve positive et l'effluve négative dans la précipitation électrique » (Résumé).....                                                                                                        | 423    |
| SZILARD (B.). — Sur un paratonnerre au radium.....                                                                                                                                                                                              | 669    |
| SUMMERLAYES (H.-R.). — Sous-stations automatiques (Résumé) .....                                                                                                                                                                                | 103    |
| SWYNGEDAuw. — Cours d'Électrotechnique générale et appliquée ( <i>Bibl.</i> ) .....                                                                                                                                                             | 691    |
| TAYLOR (A.-M.). — Transformateurs statiques changeant à la fois la tension et la fréquence (Résumé) .....                                                                                                                                       | 691    |
| THORNTON (W.-M.). — Variations avec la vitesse angulaire des pertes dans les machines à courant continu (Résumé) .....                                                                                                                          | 112    |
| TOBIANSKY D'ALTOFF. — Conférence sur l'incinération des déchets ménagers, l'utilisation de la chaleur dégagée pour la production de l'énergie électrique et subsidiairement, l'utilisation des cendres et l'épuration des fumées (Résumé) ..... | 264    |

|                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| TRILLAT. — Exposition universelle et internationale de Bruxelles (1910). Section française, Groupe XIV, Classe 87 ( <i>Bibl.</i> ) .....         | 698 |
| VALBREUZE (R. DE). — Notions générales sur la radiotélégraphie et la Radiotéléphonie ( <i>Bibl.</i> ) .....                                      | 122 |
| VALLAURI (G.). — Quelques oscillogrammes de courant observés dans deux circuits couplés inductivement (Résumé) .....                             | 520 |
| VAN DAM (J.). — Les surtensions dans les distributions d'énergie électrique et les moyens d'en prévenir les inconvénients ( <i>Bibl.</i> ) ..... | 339 |
| VERDURAND. — Les génératrices polyphasées à collecteur à grande vitesse et à basse fréquence .....                                               | 313 |
| VIOLET (L.). — Rapport de la Commission des Comptes pour l'exercice 1913 .....                                                                   | 343 |
| WALKER. — Appareil pour l'amélioration du facteur de puissance (Résumé) .....                                                                    | 111 |
| WALKER (S.-F.). — Le système Thury dans les mines (Résumé) .....                                                                                 | 255 |
| WELBOURN (B.). — Construction des lignes de transmission aérienne (Résumé) ...                                                                   | 512 |
| WHITCHEAD, FICH, PEEK. — La rigidité diélectrique de l'air (Résumé) .....                                                                        | 423 |
| WILLIAM Mc CLELLAN. — Réflexions sur la profession d'ingénieur (Résumé) .....                                                                    | 106 |
| WILLIAMS (C.-T.). — Le nouveau Bureau central télégraphique à Calcutta et les installations télégraphiques aux Indes anglaises (Résumé) .....    | 690 |
| WILMSHURST (T.-P.). — Aspect commercial du problème du chauffage et de la cuisine électrique (Résumé) .....                                      | 333 |
| ZACON (L.) et LEFEBVRE (R.). — Manuel pratique de prévention des accidents de travail ( <i>Bibl.</i> ) .....                                     | 523 |

---

# TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES

DU

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(2<sup>e</sup> SÉRIE.)

ANNÉES 1901 A 1910 INCLUS.

---

## GÉNÉRALITÉS.

### Phénomènes, lois et théories électriques.

|                                                                                                                        | Pages. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Courants (Théorie électronique des) et de leurs propriétés, par M. Pellat, 1909, IX...                                 | 285    |
| Courant électrique (Recherches récentes sur le mécanisme du); ions et électrons, par M. Langevin, 1905, V.....         | 615    |
| Décharge disruptive (Recherches récentes sur le mécanisme de la); l'étincelle et l'arc, par M. Langevin, 1906, VI..... | 69     |
| Décharges oscillantes (Expériences sur les effets disruptifs des), par M. Courtois, 1910, X.....                       | 371    |
| Électrons (Sur les), par M. H. Becquerel, 1907, VII.....                                                               | 291    |
| Induction (Sur la loi d'), par M. de Bailhache, 1910, X.....                                                           | 89     |
| Localisation superficielle des courants et flux variables (Sur la), par M. Boucherot, 1908, VIII.....                  | 663    |
| — Observations, par M. Broca, 1908, VIII.....                                                                          | 674    |
| Rayons cathodiques dans le champ magnétique (Les), par M. Villard, 1906, VI.....                                       | 45     |
| Résistance des conducteurs en courant variable (Sur la), par M. Brylinski, 1906, VI.                                   | 255    |

### Phénomènes, lois et théories magnétiques.

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Aciers doux employés dans la construction des machines électriques (Les), par M. Charpy, 1902, II..... | 835 |
| — Observations, par M. Korda.....                                                                      | 845 |
| Alliages magnétiques du manganèse (Théorie des), par M. Ch.-Éd. Guillaume, 1906, VI.....               | 301 |
| Attraction magnétique à distance (Loi de l') et ses applications, par M. R.-V. Picou, 1907, VII.....   | 307 |
| — Observations, par M. Bouchet, 1907, VII.....                                                         | 327 |

*Bull. Soc. Electr.*, (2).

1

|                                                                                                                                                                                                           | Pages |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Localisation superficielle des courants et flux variables (Sur la), par M. P. Boucherot, 1908, VIII.....                                                                                                  | 663   |
| — Observations, par M. Broca, 1908, VIII.....                                                                                                                                                             | 674   |
| Rayons cathodiques dans le champ magnétique (Les), par M. Villard, 1906, VI....                                                                                                                           | 45    |
| Viscosité magnétique dans les aciers doux industriels et leur influence sur les méthodes de mesure (Recherches effectuées au Laboratoire central d'Électricité sur les), par M. R. Jouaust, 1904, IV..... | 715   |

### Systèmes de mesures, grandeurs, unités, étalons.

|                                                                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Équations dites de dimension des grandeurs électriques (Note sur les liaisons des postulats de la Mécanique avec les), par M. P. Juppont, 1909, IX.....        | 529 |
| — Quelques réflexions sur les propositions de M. Juppont, par M. Brylinski, 1909, IX.....                                                                      | 553 |
| Équivalent électrochimique de l'argent (Recherches effectuées au Laboratoire central d'Électricité sur l'), par MM. F. Laporte et P. de la Gorce, 1910, X..... | 157 |
| Nomenclature électrique (Sur la) (à propos du Congrès international d'Électricité de Saint-Louis), par M. Ed. Hospitalier, 1904, IV.....                       | 193 |
| — Discussion, par MM. Lauriol, Boucherot, Brylinski, Tripier, Arnoux, Janet, Hospitalier, 1904, IV.....                                                        | 223 |
| — Discussion ( <i>suite</i> ), par M. Blondel, 1904, IV.....                                                                                                   | 347 |
| Ohm légal (Les étalons de l'), par M. Girousse, 1905, V.....                                                                                                   | 693 |
| Rapport des trois lampes Carcel, Hefner et Vernon Harcourt (Étude sur le), par MM. F. Laporte et R. Jouaust, 1906, VI.....                                     | 375 |
| Résistance et force électromotrice (Recherches faites au Laboratoire central d'Électricité sur les étalons de), par M. R. Jouaust, 1910, X.....                | 187 |
| Résistance électrique (Les étalons mercuriels de), par M. Ch.-Éd. Guillaume, 1906, VI.                                                                         | 7   |
| — Observation, par M. P. Janet, 1906, VI.....                                                                                                                  | 19  |
| Self-induction (Coefficient de), Note de la première Section du Comité, par M. Boucherot, 1903, III.....                                                       | 399 |
| Systèmes de mesure (Quelques réflexions sur les), par M. Brylinski, 1909, IX.....                                                                              | 9   |
| — Discussion, par MM. Boucherot, Pellat, Janet, Devaux-Charbonnel, Brylinski, 1909, IX.....                                                                    | 20  |
| — Remarques sur les systèmes d'unités (à propos de la Communication de M. Brylinski), par M. D. Berthelot, 1909, IX.....                                       | 57  |
| Système électromagnétique (Quelques réflexions au sujet du), par M. Pellat, 1909, IX                                                                           | 143 |
| Système métrique (La situation actuelle du), par M. Ch.-Éd. Guillaume, 1909, IX..                                                                              | 35  |
| Unités électriques fondamentales (Les), Travaux du Laboratoire central d'Électricité, 1908, VIII.....                                                          | 403 |
| — I. L'Élément étalon au cadmium, par MM. P. Janet et R. Jouaust.....                                                                                          | 409 |
| — II. Détermination par un électrodynamomètre absolu de la force électromotrice des éléments au cadmium, par MM. P. Janet, F. Laporte et R. Jouaust.           | 459 |
| — III. L'Équivalent électrochimique de l'argent, par MM. P. Janet, F. Laporte et P. de La Gorce.....                                                           | 523 |
| — IV. Détermination de la constante d'un électrodynamomètre absolu par un phénomène d'induction, par M. Guillet.....                                           | 535 |

|                                                                                                                                       | Pages. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| — V. Note sur la construction d'étalons de l'ohm international, par M. R. Benoît.....                                                 | 563    |
| — VI. Nouvel électrodynamomètre absolu et détermination de la force électromotrice de l'élément du type Weston, par M. H. Pellat..... | 573    |

### Représentation des phénomènes.

|                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Courants alternatifs quelconques (Sur l'extension à des) de certaines constructions géométriques des courants sinusoïdaux, par M. Swyngedauw, 1903, V..... | 445 |
| Représentation matérielle des fonctions à trois variables par des graphiques à trois dimensions (Sur la), par M. Ed. Hospitalier, 1902, II.....            | 380 |

## MÉTHODES ET APPAREILS DE MESURES.

### Mesure du courant.

|                                                                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ampèremètres et voltmètres indépendants de leur aimant pour courant continu (Nouveaux), par M. P. Weiss, 1902, II.....                                                             | 266 |
| Ampèremètre thermique pour courants de forte intensité et de grande fréquence, par M. A. Broca, 1909, IX.....                                                                      | 423 |
| Analyseur harmonique de Coradi (Note sur l'), par M. P. Janet, 1901, I.....                                                                                                        | 560 |
| Courants alternatifs intenses (Sur une méthode de mesure des) étudiée au Laboratoire central d'Électricité, par M. Ilievici (présentée par M. P. Janet), 1903, III....             | 56  |
| Courants téléphoniques (Appareil pour la mesure des) et, en général, des courants périodiques de grande fréquence et de très faible intensité, par M. Riccardo Arno, 1909, IX..... | 219 |
| Enregistreurs (Sur les instruments de mesures électriques), par M. P. Perrin, 1901, I.                                                                                             | 155 |
| Galvanomètre enregistreur (Nouveau) de MM. Blondel et Ragonot et ses applications à l'étude des courants alternatifs, par M. Boutin, 1906, VI.....                                 | 419 |
| — <i>Addenda</i> à la Communication de M. Boutin, 1906, VI.....                                                                                                                    | 485 |
| Rhéographe (Application du), à l'étude de divers phénomènes, par M. Abraham, 1909, IX.....                                                                                         | 334 |
| <i>Suite</i> , 1909, IX.....                                                                                                                                                       | 461 |

### Mesure de la différence de phase.

|                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Décalages (Application de l'ampèremètre thermique J. Carpentier à la mesure des puissances et des). Polythermique, par M. L. Joly, 1903, V.....           | 101 |
| Différences de phase (Emploi du galvanomètre Abraham pour la mesure directe des). Applications à la téléphonie, par M. Devaux-Charbonnel, 1908, VIII..... | 65  |

### Mesure de la fréquence.

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fréquencemètres (Appareils de mesure à deux aiguilles, système Ferrié et Carpentier), par M. L. Joly, 1910, X..... | 79 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

### Mesure de la puissance.

|                                                                                        | Pages. |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Puissances (Application de l'ampèremètre thermique J. Carpentier à la mesure des)      |        |
| Polythermique, par M. L. Joly, 1903, V.....                                            | 101    |
| Puissance (Mesureur électrique du couple, de la) et du travail mécanique, de           |        |
| MM. Gunther et GaiFFE, par M. GaiFFE, 1903, III.....                                   | 279    |
| Enregistreurs (Sur les instruments de mesures électriques), par M. P. Perrin, 1901, I. | 155    |
| — Observations, par M. Ch. Jacquin, 1901, I.....                                       | 180    |

### Mesure de la tension.

|                                                                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Analyseur harmonique de Coradi (Note sur l'), par M. P. Janet, 1901, I.....                                                                                     | 560 |
| Enregistreurs (Sur les instruments de mesures électriques), par M. P. Perrin, 1901, I.                                                                          | 155 |
| — Observations, par M. Ch. Jacquin, 1901, I.....                                                                                                                | 180 |
| Ondographe (Sur quelques applications de la méthode stroboscopique à l'étude des courants alternatifs, l'arcoscope et l'), par M. Ed. Hospitalier, 1901, I..... | 339 |
| Ondographe différentiel, par M. Hospitalier, 1903, III.....                                                                                                     | 400 |
| Ondographe Hospitalier (Étude du primaire de la bobine d'induction au moyen de l'), par M. Broca, 1904, IV.....                                                 | 235 |
| Rhéographe (Application du) à l'étude de divers phénomènes, par M. Abraham, 1909, IX.....                                                                       | 334 |
| — Suite, 1909, IX.....                                                                                                                                          | 461 |
| Voltmètre enregistreur universel et contact tournant, par M. J. Carpentier, 1903, III.                                                                          | 295 |

### Mesures magnétiques.

|                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Essais magnétiques du fer (Note sur les), par M. Armagnat, 1902, II.....                                       | 525 |
| Fluxmètre et hystérésigraphe, par M. Grassot, 1904, IV.....                                                    | 523 |
| Méthodes d'examen des matériaux magnétiques (Applications industrielles des), par M. Brunswick, 1903, III..... | 459 |
| Mesures magnétiques industrielles (Sur les), par M. Armagnat, 1902, II.....                                    | 714 |
| Perméamètre universel, par M. R.-V. Picou, 1902, II.....                                                       | 828 |
| Pertes dans les tôles (Mesure des) par la méthode du wattmètre, par M. Jouaust, 1096, VI.....                  | 219 |

### Compteurs.

|                                                                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Compteur pour la mesure exacte de l'énergie dans les installations triphasées asymétriquement chargées, par M. Riccardo Arno, 1902, II..... | 813 |
| Compteurs à l'Exposition de 1900 (Les), par M. P. Janet, 1901, I.....                                                                       | 64  |

### Mesures photométriques.

|                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Intégrations photométriques (Les), misophotomètres et lumenmètres, par M. Blondel, 1904, IV.....                   | 659 |
| Photomètre à papillotement (Le) et la photométrie hétérochrome, par M. Lauriol, 1904, IV.....                      | 647 |
| Photométrie hétérochrome au moyen de photomètres à scintillation (Remarques sur la), par M. Blondel, 1904, IV..... | 697 |

**Divers.**

|                                                                                            | Pages. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Bureau international des Poids et Mesures (Le), par M. Ch.-Ed. Guillaume, 1908, VIII ..... | 27     |

**Appareils divers.**

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Électrogoniomètre de MM. Grammont et Routin, par M. Chaumat, 1904, IV .....                            | 173 |
| Pyromètres thermo-électriques industriels Chauvin et Arnoux (Nouveaux), par M. Pillier, 1906, VI ..... | 183 |
| Télétachymètre électrique, par M. Ed. Hospitalier, 1902, II .....                                      | 377 |

**PRODUCTION.**

**Moteurs à gaz.**

|                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Moteurs à explosion et à combustion (Sur les), par M. A. Bochet, 1906, VI .....                       | 449 |
| Moteurs Couffinhæ (Résultats d'essais récents effectués sur les), par M. J. Courbier, 1903, III ..... | 331 |
| — Observation, par M. Hillairet. .... :                                                               | 337 |

**Machines à courant continu.**

|                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Balais de charbon pour dynamos (Essais ayant pour but l'identification des), par M. Ch. David, 1907, VII .....                                    | 433 |
| Balais en charbon (Essais sur la résistance au contact des), par M. Bourguignon, 1903, III .....                                                  | 26  |
| — Discussion par MM. Bochet, Brunswick, Harlé, Gratzmuller, Girault, Janet....                                                                    | 43  |
| Commutation dans les dynamos à courant continu (Recherches sur la), par M. Ilievici, 1904, IV .....                                               | 466 |
| Commutation (La); considérations théoriques et pratiques tenant compte des récentes contributions et discussions, par M. M. Latour, 1910, X ..... | 265 |
| — <i>Suite et fin</i> .....                                                                                                                       | 381 |
| Courants de Foucault dans le fer induit des machines à courant continu (Sur les), par M. R.-V. Picou, 1905, V .....                               | 7   |
| Réaction d'induit et chute de tension dans les machines dynamo-électriques, par M. R.-V. Picou, 1902, II .....                                    | 425 |
| Réaction d'induit dans les dynamos à courant continu (Sur la), par M. Swyngedaauw, 1908, VIII .....                                               | 351 |
| Températures admissibles dans les dynamos; procédés de détermination d'après les travaux de la première Section, par M. Brunswick, 1909, IX ..... | 585 |
| — Discussion, par M. Boucherot. .... :                                                                                                            | 636 |

**Machines à courant alternatif.**

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Alternateurs à collecteur, par M. M. Latour, 1902, II .....                      | 383 |
| — Discussion, par MM. Heyland, M. Latour .....                                   | 400 |
| Alternateurs auto-exciteurs types d'induction, par M. A. Heyland, 1902, II ..... | 541 |

|                                                                                                                          | Pages. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| — Discussion, par MM. Boucherot, P. Janet, M. Latour, Korda, J. Rey, Heyland, Hospitalier.....                           | 565    |
| Alternateurs compounds (Quelques applications d'), par M. Boucherot, 1902, II....                                        | 447    |
| Appareils et machines à courant et mouvement alternatifs, par M. Boucherot, 1908, VIII.....                              | 731    |
| Étouffeurs d'harmoniques (Sur les), par M. M. Leblanc, 1905, V.....                                                      | 17     |
| Génétratrice asynchrone de courants polyphasés (Nouvelle), par M. Gratzmuller, 1903, III.....                            | 731    |
| Réaction d'induit et compoundage des alternateurs, par MM. Dalémont et Herdt (présentée par M. Liouville), 1909, IX..... | 691    |
| — Discussion, par M. Blondel (présentée par M. G. Guy), 1910, X.....                                                     | 39     |

### Groupes électrogènes. — Accouplement. — Régulateurs.

|                                                                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Accouplement des alternateurs en parallèle (Étude du mouvement des machines à vapeur et), 1904, I.....                                                                                 | 497 |
| — Exposé du programme, par M. M. Leblanc.....                                                                                                                                          | 497 |
| — Méthode de mesure expérimentale de la régularité des machines à vapeur (Sur une), par M. L.-E.-F. David.....                                                                         | 503 |
| — Méthode optique permettant de déterminer la loi de variation périodique de la vitesse d'un mobile en rotation, par M. A. Cornu.....                                                  | 519 |
| — Définitions; analyse des diagrammes; oscillations et résonance mécanique; conclusions, par M. P. Boucherot.....                                                                      | 529 |
| — Appendice.....                                                                                                                                                                       | 554 |
| — Discussion sur les Communications de MM. M. Leblanc, David et Boucherot, par MM. Rateau, A. Cornu, Boucherot, Dubois, David, P. Perrin, Hospitalier, Arnoux.....                     | 584 |
| — Appendice, par MM. Sautter, Harlé et C <sup>ie</sup> .....                                                                                                                           | 601 |
| Couplage des alternateurs en parallèle (Expériences et nouvelles considérations sur le), par M. P. Boucherot, 1904, IV.....                                                            | 495 |
| Couplage des alternateurs en parallèle (Influence de l'hystérésis sur le), par M. P. Boucherot, 1904, IV.....                                                                          | 653 |
| Écart angulaire d'une machine (Sur les procédés de mesure de l'); procédé stroboscopique de M. Sartori, par M. Blondin, 1902, II.....                                                  | 57  |
| Fonctionnement en parallèle des alternateurs (Influence des régulateurs sur le), et description d'un nouveau système de commande de ces régulateurs, par M. de Marchena, 1902, II..... | 754 |
| Irrégularité dans le tour (Note sur la définition du coefficient d'), par M. Van der Stegen, 1902, II.....                                                                             | 157 |
| Irrégularité dans le tour des machines à deux manivelles (De l'), par M. Van der Stegen, 1902, II.....                                                                                 | 159 |
| Régularisation du courant électrique fourni par un moteur à gaz : dispositif de M. Girard, par M. Lauriol, 1902, II.....                                                               | 413 |
| Régulateurs de vitesse des moteurs à vapeur (Étude des), 1902, II.....                                                                                                                 | 281 |
| — Programme.....                                                                                                                                                                       | 281 |
| — Régulateurs des moteurs actionnant des alternateurs couplés en parallèle (Étude de l'influence des), par M. G.-F. Guilbert.....                                                      | 283 |



|                                                                                                                                                         | Pages. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| — Notes et Mémoires communiqués par MM. A. Blondel, Rateau, M. Miet, C.-F. Guilbert, Van der Stegen, Picou, Vigreux et L. Brillié, G. Chevrier.....     | 305    |
| Régulateur à force centrifuge (Assimilation d'un) à un système pendulaire, par M. Mongin, 1903, V.....                                                  | 497    |
| Régulateurs à force d'inertie tangentielle (Sur les), par M. Bunet-Schiller, 1908, VIII.                                                                | 319    |
| Régulateurs automatiques et le compoundage électromécanique des groupes électrogènes (Les), par M. Routin, 1902, II.....                                | 678    |
| Régulateur électrique, par M. Gin, 1904, IV.....                                                                                                        | 78     |
| — Discussion, par M. Bochet.....                                                                                                                        | 119    |
| Régulateurs des moteurs conduisant des alternateurs marchant ou non en parallèle (Oscillations dues aux), par M. P. Boucherot, 1903, V.....             | 509    |
| Variations de la vitesse angulaire du volant d'une machine à gaz Otto (Étude des) à l'aide de la méthode stroboscopique, par M. A. Cornu, 1902, II..... | 50     |

### Usines génératrices. — Installations.

|                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Appareillage électrique à haute et basse tension (L'), par M. Vedovelli, 1907, VII....                                                       | 501 |
| Éclairage électrique aux diverses fréquences (L'), par M. Lauriol, 1906, VI.....                                                             | 29  |
| — Observations, par MM. Blondel, Brylinski.....                                                                                              | 40  |
| Inondation de janvier 1910 (L') et le matériel électrique (Rapport des première et quatrième Sections du Comité), par M. Guéry, 1910, X..... | 729 |
| Installations du Sud-Électrique (Les), par M. Dusaugéy, 1908, VIII.....                                                                      | 125 |
| Installations électriques de Rio-de-Janeiro (Les), par M. Mongin, 1910, X.....                                                               | 457 |
| Production et utilisation de l'énergie électrique aux Mines de Lens, par M. Besson, 1910, X.....                                             | 711 |
| Règlements administratifs concernant les distributions d'énergie électrique (A propos des), par M. Brunswick, 1910, X.....                   | 405 |
| Répartition de l'électricité dans Paris en 1901 (Représentation graphique de la), par M. Lauriol, 1903, III.....                             | 16  |
| Secteur municipal d'électricité de Paris en 1901 (Renseignements statistiques sur le fonctionnement du), par M. Lauriol, 1903, III.....      | 10  |
| Services électriques de l'Exposition universelle de 1900 (Sur les), par M. R.-V. Picou, 1904, I.....                                         | 120 |
| Signes conventionnels pour la représentation des appareils et installations électriques, par M. Brunswick, 1907, VII.....                    | 103 |
| Usine génératrice de Champ (L'), par M. Lépine, 1902, II.....                                                                                | 659 |
| Usine de Saint-Denis (L'), par M. Daniel Berthelot, 1909, IX.....                                                                            | 47  |

### TRANSFORMATION.

#### Transformateurs statiques.

|                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Établissement du courant dans les transformateurs (De l'), par M. Johann, 1903, V.                             | 579 |
| Établissement du régime dans les transformateurs (Résultats d'expériences sur l'), par M. Johann, 1903, V..... | 469 |
| Transformateurs (Sur les), par M. Brylinski, 1903, V.....                                                      | 41  |

**Transformateurs électrolytiques. — Arc à mercure.**

|                                                                                                                           | Pages. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Arc au mercure et ses propriétés en fonction du vide (L'), par M. de Valbreuze, 1903, III.....                            | 518    |
| Arc à mercure (L'). Ses propriétés, ses applications, par M. M. Latour, 1905, V....                                       | 219    |
| — Observations, par MM. Pellat et Guillaume.....                                                                          | 236    |
| Lampe et soupape à mercure de Cooper Hewitt (La), par M. M. Leblanc, 1905, V....                                          | 401    |
| Transformateurs électriques de courants alternatifs en courants continus, système Pollak, par M. J. Blondin, 1901, I..... | 323    |
| — Discussion, par MM. Lauriol, Blondin, Aliamet, Pollak.....                                                              | 485    |

**Commutatrices.**

|                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Commutatrices pour la transformation des courants polyphasés en courants continus (Emploi des), par M. de Marchena, 1901, I..... | 205 |
| — Observations, par M. P. Janet.....                                                                                             | 244 |

**Accumulateurs.**

|                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Accumulateur Edison (L'); essais faits au Laboratoire central d'Électricité, par M. P. Janet, 1903, III..... | 404 |
| Accumulateur Edison (Remarques sur l'), par M. P. Janet, 1907, VII.....                                      | 427 |
| Accumulateurs fer-nickel (État actuel de l'), par M. Jumau, 1907, VII.....                                   | 379 |

**TRANSMISSION.**

**Conditions d'établissement des canalisations.**

|                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Câbles armés (Limites admissibles pour les tensions de service des), par M. de Marchena, 1906, VI.....                                         | 163 |
| — Discussion, par MM. Brylinski, Grosselin, Boucherot.....                                                                                     | 241 |
| Canalisations aériennes (Note sur l'établissement des), par M. Loppé, 1901, I.....                                                             | 455 |
| — Discussion, par MM. Roux, Arnoux, Boucherot, Loppé.....                                                                                      | 605 |
| Canalisations électriques (Discussion sur les), par MM. Grosselin, Gay, Brylinski, Picou, Geoffroy et Delore, 1902, II.....                    | 104 |
| Canalisations souterraines (Lettre au sujet d'une Communication de M. Picou), par M. A. Gay, 1902, II.....                                     | 235 |
| Conditions les plus favorables pour le transport de l'énergie (Discussion sur les), par M. Sarrazat (présentée par M. Grosselin), 1905, V..... | 483 |
| Portées des lignes aériennes (Note au sujet de la détermination des), par M. Loppé, 1902, II.....                                              | 237 |
| Température de régime des conducteurs nus et isolés (De l'influence de la ventilation sur la), par M. L. Roy, 1910, X.....                     | 69  |
| Transmission de l'énergie (La densité de courant et la tension les plus profitables pour la), par M. Swyngedauw, 1904, IV.....                 | 417 |

# Essais de canalisations.

|                                                                                                                                                                   | Pages. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Essais des câbles électriques (Notes sur les), par M. P. Carpentier (présentée par M. Blondin), 1902, II.....                                                     | 204    |
| Essais de câbles pour canalisations électriques effectués au Laboratoire central d'Électricité, par M. Ch. David, 1910, X.....                                    | 511    |
| Essais des canalisations souterraines après pose, par M. Armagnat, 1910, X.....                                                                                   | 613    |
| — Observations, par M. R.-V. Picou.....                                                                                                                           | 624    |
| Méthode de la boucle (Application de la) à la recherche d'un défaut dans un câble triphasé souterrain, par M. Ilievici (présentée par M. P. Janet), 1902, II..... | 710    |

# Fonctionnement des lignes. — Oscillations. — Harmoniques. — Résonances.

|                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Accidents dus aux surtensions et aux courts-circuits dans les usines et les réseaux (Premiers résultats de l'enquête sur les), par M. Legouëz, 1910, X.....                                                                                   | 485 |
| Étude oscillographique des phénomènes de résonance dans les circuits électriques, d'après le <i>Journal of the Institution of Electrical Engineers</i> , par M. Field, 1903, III.                                                             | 358 |
| Harmoniques dans les appareils à courants alternatifs (Sur l'utilité et les moyens d'éviter les), par M. Guéry, 1906, VI.....                                                                                                                 | 101 |
| Oscillations électriques et surélévation de tension correspondantes dans les canalisations électriques, par M. R.-V. Picou, 1904, IV.....                                                                                                     | 267 |
| — Discussion, par MM. de Marchena, Brylinski, A. Potier, Boucherot, Blondel....                                                                                                                                                               | 290 |
| — Note annexe à la Communication de M. de Marchena.....                                                                                                                                                                                       | 446 |
| — <i>Errata</i> aux observations de M. Boucherot.....                                                                                                                                                                                         | 450 |
| Recherches oscillographiques effectuées par le Laboratoire central d'Électricité sur le réseau à haute tension de la Compagnie l'Énergie électrique du Littoral méditerranéen (Étude de la quatrième Section), par M. Ch. David, 1905, V..... | 51  |
| — Réseaux alternatifs à haute tension (Sur les), par M. Brylinski.....                                                                                                                                                                        | 149 |
| — Remarques à propos des expériences de M. David, par M. Blondel.....                                                                                                                                                                         | 207 |
| — Note sur la forme des courbes de tension avant et après transformation, par M. Ch. David.....                                                                                                                                               | 239 |
| — Remarques sur les phénomènes oscillatoires des réseaux; influence des propriétés de l'arc électrique, par M. Blondel.....                                                                                                                   | 299 |
| — Observations par MM. Brylinski et Boucherot.....                                                                                                                                                                                            | 326 |
| — <i>Suite</i> par M. Blondel.....                                                                                                                                                                                                            | 549 |

# Protection des canalisations.

|                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ruptures des conducteurs aériens (Appareils de protection contre les conséquences des), par M. Barré, 1907, VII.....                                             | 565 |
| Lignes aériennes (La protection des) contre la foudre, par M. Dusaugy, 1902, II....                                                                              | 633 |
| Lignes de trolley (Application des appareils de protection aux), par M. Mariage, 1907, VII.....                                                                  | 585 |
| Réseaux à courant alternatif (Mesures de sécurité à conseiller pour l'exploitation des). (Résumé des discussions de la Société), par M. Grosselin, 1906, VI..... | 343 |
| Réseaux de transport d'énergie (Méthode de protection contre les surtensions actuellement employées dans les), par M. Dusaugy, 1903, V.....                      | 109 |

## MOTEURS.

### Moteurs divers.

|                                                                                                                 | Pages. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Matériel à courant alternatif simple (Nouveau), par MM. M. Latour et Gratzmuller, 1903, III.....                | 299    |
| Moteurs à courants alternatifs à vitesse variable sans altération de rendement, par M. M. Latour, 1904, IV..... | 63     |
| — Discussion, par MM. Boucherot, Brunswick.....                                                                 | 71     |
| Moteurs à courant continu (Procédés de réglage de la vitesse des); par M. Brunswick, 1904, IV.....              | 53     |

## TRACTION.

|                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Calcul des projets de traction (Méthode de), par M. Parodi, 1909, IX.....                                                                                  | 151 |
| Chemin de fer métropolitain de Paris (Le), par M. Détréyat, 1902, II.....                                                                                  | 136 |
| Courants alternatifs (Traction électrique par moteurs série à), par M. G. Finzi, 1903, III.....                                                            | 436 |
| Courant continu à intensité constante (Sur la traction électrique par le), par M. J. Blondel, 1909, IX.....                                                | 233 |
| — Discussion, par MM. Legouëz, Bourdel, Perret.....                                                                                                        | 321 |
| — <i>Suite</i> de la discussion, par M. Blondel.....                                                                                                       | 397 |
| Déraillement des perches de trolley en système désaxé (Remarques sur le cas de), par M. G. Duez, 1909, IX.....                                             | 419 |
| Établissement (Conditions d') et d'exploitation du réseau électrique de Milan, à Gallarate et aux lacs italiens, par M. de Marchena, 1903, III.....        | 180 |
| — Discussion, par MM. Boucherot, de Marchena, Korda.....                                                                                                   | 224 |
| — Appendice. Note additionnelle sur la comparaison des systèmes de traction électrique, par M. Boucherot.....                                              | 255 |
| Frein électromagnétique Westinghouse (Le), par M. Delas, 1903, III.....                                                                                    | 228 |
| — Discussion, par MM. Guénée, Delas, Vuilleumier.....                                                                                                      | 261 |
| Plateforme électrique de l'Exposition de 1900 (Sur la), par M. Jovignot, 1901, I....                                                                       | 6   |
| Problème de la traction (Sur certaines conditions du), par M. J. de Traz, 1909, IX..                                                                       | 296 |
| Traction électrique (Le développement de la), par M. de Valbreuze. 1907, VII....                                                                           | 11  |
| — Discussion, par MM. Latour, Guéry, Gratzmuller.....                                                                                                      | 81  |
| — <i>Suite et fin</i> , par MM. de Marchena, Mazen, de Traz, Gratzmuller.....                                                                              | 227 |
| Triphasés à haute tension, système Ganz et C <sup>ie</sup> (Traction par moteurs), appliquée sur la ligne de la Valteline, par M. D. Korda, 1903, III..... | 96  |

## ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE.

### Arc à courant continu.

|                                                                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Arc électrique à courant continu (Recherches exécutées au Laboratoire central d'Électricité sur l'), par MM. F. Laporte et G. Léonard (présentée par M. P. Janet), 1901, I..... | 251 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                                                                                     | Pages. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| — Observations relatives aux différents régimes des lampes à arc, par M. A. Bochet.                                                                 | 298    |
| — Discussion, par MM. Hillairet, Bochet, Brillié, Lecomte, Janet.                                                                                   | 306    |
| — Observations, par M. Blondel.                                                                                                                     | 565    |
| Éclat intrinsèque des gros arcs à courant continu, par M. J. Rey, 1902, II.                                                                         | 593    |
| — Discussion, par M. Villard, 1902, II.                                                                                                             | 614    |
| Lampe Bremer (Résultats de quelques expériences photométriques exécutées au Laboratoire central d'Électricité, sur la), par M. F. Laporte, 1901, I. | 360    |
| Projecteurs électriques militaires (Les), par M. A. Bochet, 1910, X.                                                                                | 323    |

### Arc à courant alternatif.

|                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Arc électrique à courant alternatif (Recherches expérimentales sur l') exécutées au Laboratoire central d'Électricité, par M. F. Laporte, 1904, IV. | 121 |
| Éclairage électrique aux diverses fréquences (L'), par M. Lauriol, 1906, VI.                                                                        | 29  |
| — Observations, par MM. Blondel, Brylinski.                                                                                                         | 40  |

### Arc à flamme.

|                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Arc à flamme (L') et l'arc à vapeur de mercure, par M. E. Hospitalier, 1903, III.                              | 339 |
| — Observations, par MM. Tripier, Claude, Lauriol, Aliamet, de Valbreuze.                                       | 343 |
| Progrès récents des lampes à arc : les arcs à flamme, par M. Blondel (présentée par M. Dobkévitch), 1907, VII. | 137 |
| — <i>Suite et fin</i> ,                                                                                        | 267 |

### Lampe à vapeur de mercure.

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Arc à vapeur de mercure (L'arc à flamme et l'), par M. E. Hospitalier, 1903, III.            | 339 |
| — Observations, par MM. Tripier, Claude, Lauriol, Aliamet, de Valbreuze.                     | 343 |
| Arc au mercure et ses propriétés en fonction du vide (L'), par M. de Valbreuze, 1903, III.   | 518 |
| Arc à mercure (L'). Ses propriétés, ses applications, par M. M. Latour, 1905, V.             | 219 |
| — Observations, par MM. Pellat, Guillaume.                                                   | 236 |
| Lampe et soupape à mercure de Cooper Hewitt (La), par M. M. Leblanc, 1905, V.                | 401 |
| Lampe Cooper Hewitt à courant alternatif monophasé (La), par M. de Recklinghausen, 1906, VI. | 195 |

### Lampes à incandescence.

|                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Éclairage électrique aux diverses fréquences (L'), par M. Lauriol, 1906, VI.                                                                                                                                                                  | 29  |
| — Observations, par MM. Blondel, Brylinski.                                                                                                                                                                                                   | 40  |
| Essais faits à l'Usine municipale des Halles sur les lampes à incandescence à 110 volts et à 220 volts, par M. Lauriol, 1905, V.                                                                                                              | 269 |
| Essais comparatifs des lampes à incandescence de 110 et 220 volts exécutés par le Laboratoire central d'Électricité à la demande de la Sous-Commission chargée de l'étude du régime futur de l'électricité à Paris, par M. P. Janet, 1905, V. | 275 |
| Lampes à incandescence (Sur les), par M. Bainville, 1905, V.                                                                                                                                                                                  | 363 |
| — Observations, par M. Ch.-Éd. Guillaume.                                                                                                                                                                                                     | 396 |

|                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Variations d'intensité lumineuse dans une période des lampes à incandescence alimentées par courants alternatifs (Étude des), par M. G. Léonard (présentée par M. P. Janet), 1901, I..... | 615 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

#### Lampes à incandescence à filaments métalliques.

|                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Éclairage électrique aux diverses fréquences (L'), par M. Lauriol, 1906, VI.....                                                           | 29  |
| — Observations, par MM. Blondel, Brylinski.....                                                                                            | 40  |
| Essais effectués au Laboratoire central d'Électricité sur les lampes à filaments métalliques (Résultats d'), par M. Laporte, 1909, IX..... | 111 |
| État actuel des lampes à incandescence à filaments métalliques, par M. A. Blondel (présentée par M. Larnaude), 1909, IX.....               | 79  |
| Rayonnement des lampes à incandescence à filament métallique (Étude du), par MM. Féry et Chéneveau, 1909, IX.....                          | 655 |
| Tungstène (Les nouvelles lampes électriques au), par MM. Bainville et P. Janet, 1907, VII.....                                             | 115 |

#### Éclairage des trains.

|                                                                                                                                                                                            |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Éclairage électrique (L') des trains par M. Ch. Jacquin, 1902, II.....                                                                                                                     | 338 et 485 |
| Dynamo à tension pratiquement constante (Nouveau dispositif) et à vitesse variable applicable à l'éclairage électrique, par M. Loppé, 1904, IV.....                                        | 431        |
| Dynamo Iglésis-Regner à débit constant sous vitesses variables; son application à l'éclairage et à l'allumage des automobiles et à l'éclairage des trains, par M. Iglésis, 1908, VIII..... | 191        |
| — Discussion, par M. Jacquin.....                                                                                                                                                          | 211        |

#### Divers.

|                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Étude des principales sources de lumière au point de vue de l'hygiène de l'œil, par MM. A. Broca et F. Laporte, 1908, VIII..... | 313 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

#### Électrochimie.

|                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Acide nitrique (Production de l') par les décharges électriques, par M. de Kowalski, 1903, III.....   | 314 |
| — Observation, par M. Claude.....                                                                     | 320 |
| Azote atmosphérique (La fixation de l') au moyen de l'électricité, par M. J. Blondin, 1908, VIII..... | 35  |
| Chlore (État actuel des industries du) et des alcalis électrolytiques par M. Brochet, 1908, VIII..... | 683 |
| Électrometallurgie (Progrès récents de l'), par M. Matignon, 1908, VIII.....                          | 231 |
| Indigo (Réduction de l') par voie électrolytique, par M. Chaumat, 1908, VIII.....                     | 13  |

### TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

#### Télégraphie et téléphonie par fils.

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Autotélégraveur Carbonnelle, par M. J. Blondin, 1907, VII.....                   | 367 |
| Capacité des grands câbles sous-marins (La), par M. Devaux-Charbonnel, 1905, V.. | 431 |

|                                                                                                                                | Pages. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Circuits téléphoniques combinés (Les), par M. Devaux-Charbonnel, 1903, III.....                                                | 264    |
| Installations téléphoniques de Paris (Nouvelles), par M. André, 1909, IX.....                                                  | 335    |
| Lignes et appareils télégraphiques (Étude expérimentale des), propagation du courant, par M. Devaux-Charbonnel, 1907, VII..... | 333    |
| Lignes téléphoniques homogènes (Les), par M. Devaux-Charbonnel, 1909, IX.....                                                  | 567    |
| Récepteur monophonique de grande sensibilité et à note réglable, par M. Abraham, 1908, VIII.....                               | 703    |
| Télégraphie rapide, système Pollak-Virag, par M. Korda, 1906, VI.....                                                          | 465    |
| Transmissions télégraphiques (Étude expérimentale des), par M. Devaux-Charbonnel, 1907, VII.....                               | 273    |

### Télégraphie et téléphonie sans fil.

|                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Arc électrique (Sur l') employé comme récepteur téléphonique, par M. P. Janet, 1901, I.....                               | 371 |
| Arc de Poulsen (Remarque sur la stabilité de l'), par M. Tissot, 1909, IX.....                                            | 453 |
| Circuit intermédiaire de Stone (Sur l'emploi du) en radiotélégraphie et en radiotéléphonie, par M. Béthenod, 1910, X..... | 135 |
| Éclateurs (Sur les), par M. de Valbreuze, 1905, V.....                                                                    | 641 |

### APPLICATIONS DIVERSES DE L'ÉLECTRICITÉ.

|                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Électricité à bord des navires de guerre (L'), par M. Maugas, 1905, V.....                                                                        | 679 |
| Électricité dans les transmissions des voitures à pétrole (L'). Embrayages et changements de vitesse électriques, par M. Gasnier, 1908, VIII..... | 81  |
| Commande électrique à distance par les ondes hertziennes. Application à la commande d'un sous-marin torpilleur, par M. Devaux, 1906, VI.....      | 309 |
| Haute fréquence médicale et télégraphie sans fil, par M. le D <sup>r</sup> A. d'Arsonval, 1910, X.....                                            | 241 |
| Séparation électrique et magnétique des minerais (La), par M. D. Korda, 1904, IV.....                                                             | 9   |
| Projecteurs électriques militaires (Les), par M. A. Bochet, 1910, X.....                                                                          | 323 |
| Plate-forme électrique de l'Exposition de 1900 (Sur la), par M. Jovignot, 1901, I.....                                                            | 9   |

### CHRONIQUE.

|                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Services électriques de l'Exposition universelle de 1900 (Sur les), par M. R.-V. Picou, 1901, I.....                                         | 120 |
| Inondation de janvier 1910 (L') et le matériel électrique (Rapport des première et quatrième Sections du Comité), par M. Guéry, 1910, X..... | 729 |
| Excursion à Lens et à Bruxelles (Compte rendu de l'), par M. A. Bochet, 1910, X....                                                          | 701 |
| Production et utilisation de l'énergie électrique aux Mines de Lens, par M. Besson, 1910, X.....                                             | 711 |

### COMMISSIONS.

|                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Compte rendu de la Réunion de la Commission électrotechnique internationale tenue à Londres les 25 et 26 juin 1906, par M. P. Janet, 1906, VI..... | 409 |
| Commission internationale de Photométrie (La), par M. F. Laporte, 1907, VII.....                                                                   | 487 |

|                                                                                                                                                | Pages. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| — Annexe I : Examen des résultats trouvés pour le rapport des trois étalons Carcel, Hefner, Vernon-Harcourt, par M. F. Laporte, 1907, VII..... | 496    |
| — Annexe II : Dessin et description sommaire de la lampe Carcel, 1907, VII.....                                                                | 601    |
| Commission électrotechnique internationale (La) et le Comité électrotechnique français, par M. Ch. David, 1908, VIII.....                      | 645    |

## RÈGLEMENTS.

|                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Observations sur le cahier des charges de l'Union des Syndicats, relatif aux câbles sous plomb armés, pour tensions supérieures à 2000 volts, per M. Grosselin, 1910, X... | 629 |
| Remarques à propos de l'arrêté du 21 mars 1910 et des instructions de l'Union des Syndicats (Quelques), par M. P. Boucherot, 1910, X.....                                  | 641 |
| — Discussion, par M. Hillairet, 1910, X.....                                                                                                                               | 651 |
| — Suite de la discussion, par MM. Brunswick, Brylinski, Legouëz, Boucherot, 1910, X.....                                                                                   | 678 |

## DIVERS.

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Appareillage électrique à haute et basse tension (L'), par M. Védovelli, 1907, VII..                       | 501 |
| — Discussion, par MM. Courtois, Grosselin, 1907. VII.....                                                  | 563 |
| Assimilation d'un régulateur à force centrifuge à un système pendulaire, par M. Mon-<br>gin, 1903, V.....  | 497 |
| Qualité isolante des gants d'électriciens (Essais de laboratoire sur la), par M. P.<br>Janet, 1901, I..... | 185 |





## TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS.

|                                                                                                                                                              | Pages.  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| ABRAHAM (H.). — Récepteur monophonique de grande sensibilité et à note réglable, 1908, VIII.....                                                             | 703     |
| — Application du rhéographe à l'étude de divers phénomènes, 1909, IX.....                                                                                    | 334-461 |
| ANDRÉ (H.). — Nouvelles installations téléphoniques de Paris, 1909, IX.....                                                                                  | 335     |
| ARMAGNAT (H.). — Note sur les essais magnétiques du fer, 1902, II.....                                                                                       | 525     |
| — Sur les mesures magnétiques industrielles, 1902, II.....                                                                                                   | 714     |
| — Essais des canalisations souterraines après pose, 1910, X.....                                                                                             | 613     |
| ARNO (Riccardo). — Compteurs pour la mesure exacte de l'énergie dans les installations triphasées asymétriquement chargées, 1902, II.....                    | 813     |
| — Appareil pour la mesure des courants téléphoniques et, en général, des courants périodiques de grande fréquence et de très faible intensité, 1909, IX..... | 219     |
| ARSONVAL (A. d'). — Haute fréquence médicale et télégraphie sans fil, 1910, X....                                                                            | 241     |
| — Les accidents causés par le courant électrique, 1910, X.....                                                                                               | 355     |
|                                                                                                                                                              |         |
| BAILLEHACHE (DE). — Sur la loi d'induction, 1910, X.....                                                                                                     | 89      |
| BAINVILLE (H.). — Sur les lampes à incandescence, 1905, V.....                                                                                               | 363     |
| BAINVILLE (H.) et JANET (P.). — Les nouvelles lampes électriques au tungstène, 1907, VII.....                                                                | 115     |
| BARRÉ (P.). — Appareils de protection contre les conséquences des ruptures des conducteurs aériens, 1907, VII.....                                           | 565     |
| BECQUEREL (H.). — Sur les électrons, 1907, VII.....                                                                                                          | 291     |
| BENOÎT (R.). — Note sur la construction d'étalons de l'ohm international, 1908, VIII.                                                                        | 563     |
| BERTHELOT (D.). — L'usine de Saint-Denis, 1909, IX.....                                                                                                      | 47      |
| — Remarques sur les systèmes d'unités (à propos de la Communication de M. Brylinski), 1909, IX.....                                                          | 57      |
| BESSON (L.). — Production et utilisation de l'énergie électrique aux Mines de Lens, 1910, X.....                                                             | 711     |
| BÉTHENOD (J.). — Sur l'emploi du circuit intermédiaire de Stone en radiotélégraphie et en radiotéléphonie, 1910, X.....                                      | 135     |
| BLONDEL (A.). — Les intégrateurs photométriques, mésophotomètres et lumenmètres, 1904, IV.....                                                               | 659     |
| — Remarques sur les phénomènes oscillatoires des réseaux; influence des propriétés de l'arc électrique, 1905, V.....                                         | 299-549 |
| — Progrès récents des lampes à arc : les arcs à flamme, 1907, VII.....                                                                                       | 137     |
| — État actuel des lampes à incandescence à filaments métalliques, 1909, IX.....                                                                              | 79      |
| BLONDIN (J.). — Transformateurs électrolytiques de courants alternatifs en courants continus, système Pollak, 1901, I.....                                   | 323     |

|                                                                                                                                                                                                               | Pages. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| — Sur les procédés de mesure de l'écart angulaire d'une machine; procédé stroboscopique de M. Sartori, 1902, II.....                                                                                          | 57     |
| — Autotélégraveur Carboneille, 1907, VII.....                                                                                                                                                                 | 367    |
| — La fixation de l'azote atmosphérique au moyen de l'électricité, 1908, VIII.....                                                                                                                             | 35     |
| BOCHET (A.). — Sur les moteurs à explosion et à combustion, 1906, VI.....                                                                                                                                     | 449    |
| — Les projecteurs électriques militaires, 1910, X.....                                                                                                                                                        | 323    |
| — Compte rendu de l'excursion à Lens et à Bruxelles, 1910, X.....                                                                                                                                             | 701    |
| BOUCHEROT (P.). — Étude du mouvement des machines à vapeur et accouplement des alternateurs en parallèle. Définitions; analyse des diagrammes; oscillations et résonance mécanique; conclusions, 1901, I..... | 529    |
| — Quelques applications d'alternateurs compounds, 1902, II.....                                                                                                                                               | 447    |
| — Coefficient de self-induction (Note de la première Section du Comité), 1903, III..                                                                                                                          | 399    |
| — Expériences et nouvelles considérations sur le couplage des alternateurs en parallèle, 1904, IV.....                                                                                                        | 495    |
| — Influence de l'hystérésis sur le couplage des alternateurs en parallèle, 1904, IV..                                                                                                                         | 653    |
| — Oscillations dues aux régulateurs des moteurs conduisant des alternateurs marchant ou non en parallèle, 1905, V.....                                                                                        | 509    |
| — Sur la localisation superficielle des courants et flux variables, 1908, VIII.....                                                                                                                           | 663    |
| — Appareils et machines à courant et mouvement alternatifs, 1908, VIII.....                                                                                                                                   | 731    |
| — Remarques à propos de l'arrêté du 21 mars 1910 et des instructions de l'Union des Syndicats, 1910, X.....                                                                                                   | 641    |
| BOURDEL (J.). — Sur la traction électrique par le courant continu à intensité constante, 1909, IX.....                                                                                                        | 233    |
| BOURGUIGNON (P.). — Essais sur la résistance au contact des balais en charbon, 1903, III.....                                                                                                                 | 26     |
| BOUTIN (M.). — Nouveau galvanomètre enregistreur de MM. Blondel et Ragonot et ses applications à l'étude des courants alternatifs, 1906, VI.....                                                              | 419    |
| BROCA (A.). — Étude du primaire de la bobine d'induction au moyen de l'ondographe Hospitalier, 1904, IV.....                                                                                                  | 235    |
| BROCA (A.) et LAPORTE (F.). — Étude des principales sources de lumière au point de vue de l'hygiène de l'œil, 1908, VIII.....                                                                                 | 277    |
| BROCA (A.). — Ampèremètre thermique pour courants de forte intensité et de grande fréquence, 1909, IX.....                                                                                                    | 423    |
| BROCHET. — État actuel des industries du chlore et des alcalis électrolytiques, 1908, VIII.....                                                                                                               | 683    |
| BRUNSWICK (L.). — Applications industrielles des méthodes d'examen des matériaux magnétiques, 1903, III.....                                                                                                  | 459    |
| — Procédés de réglage de la vitesse des moteurs à courant continu, 1904, IV.....                                                                                                                              | 53     |
| — Système de signes conventionnels pour la représentation des appareils et installations électriques, 1907, VII.....                                                                                          | 103    |
| — Températures admissibles dans les dynamos; procédés de détermination d'après les travaux de la première Section, 1909, IX.....                                                                              | 585    |
| — A propos des règlements administratifs concernant les distributions d'énergie électrique, 1910, X.....                                                                                                      | 405    |
| BRYLINSKI (E.). — Sur les transformateurs, 1905, V.....                                                                                                                                                       | 41     |
| — Sur la résistance des conducteurs en courant variable, 1906, VI.....                                                                                                                                        | 255    |
| — Quelques réflexions sur les systèmes de mesure, 1909, IX.....                                                                                                                                               | 9      |
| BUSSET-SCHILLER. — Sur les régulateurs à force d'inertie tangentielle, 1908, VIII..                                                                                                                           | 319    |

|                                                                                                                                                                                                                                             | Pages. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| CARPENTIER (J.). — Voltmètre enregistreur universel et contact tournant, 1903, III ...                                                                                                                                                      | 295    |
| CHARPENTIER (P.). — Note sur les essais des câbles électriques (présentée par M. Blondin), 1902, II. ....                                                                                                                                   | 204    |
| CHARPY. — Les aciers doux employés dans la construction des machines électriques, 1902, II. ....                                                                                                                                            | 835    |
| CHAUMAT (H.). — Électrogoniomètre de MM. Grammont et Routin, 1904, IV. ....                                                                                                                                                                 | 173    |
| — Réduction de l'indigo par voie électrolytique, 1908, VIII. ....                                                                                                                                                                           | 13     |
| CHÉNEVEAU (C.) et FÉRY (Ch.). — Étude du rayonnement des lampes à incandescence à filament métallique, 1909, IX. ....                                                                                                                       | 655    |
| COLIN. — La téléphonie sans fil, 1909, IX. ....                                                                                                                                                                                             | 429    |
| CORNU (A.). — Méthode optique permettant de déterminer la loi de variation périodique de la vitesse d'un mobile en rotation, 1901, I. ....                                                                                                  | 519    |
| — Étude des variations de la vitesse angulaire du volant d'une machine à gaz Otto à l'aide de la méthode stroboscopique, 1902, II. ....                                                                                                     | 50     |
| COURBIER (J.). — Résultats d'essais récents effectués sur les moteurs Couffinhal, 1903, III. ....                                                                                                                                           | 331    |
| COURTOIS (G.). — Quelques expériences sur les effets destructifs des décharges oscillantes de grande fréquence, 1910, X. ....                                                                                                               | 371    |
|                                                                                                                                                                                                                                             |        |
| DAVID (Ch.). — Recherches oscillographiques effectuées par le Laboratoire central d'Électricité sur le réseau à haute tension de la Compagnie l'Énergie électrique du Littoral méditerranéen (Étude de la quatrième Section), 1903, V. .... | 51     |
| — Essais ayant pour but l'identification des balais de charbon pour dynamos, 1907, VII. ....                                                                                                                                                | 433    |
| — La Commission électrotechnique internationale et le Comité électrotechnique français, 1908, VIII. ....                                                                                                                                    | 645    |
| — Essais de câbles pour canalisations électriques effectués au Laboratoire central d'Électricité, 1910, X. ....                                                                                                                             | 511    |
| DAVID (L.-E.-F.). — Sur une méthode de mesure expérimentale de la régularité des machines à vapeur, 1904, I. ....                                                                                                                           | 503    |
| DALÉMONT (J.) et HERDT. — Réaction d'induit et compoundage des alternateurs, 1909, IX. ....                                                                                                                                                 | 691    |
| DELAS (F.). — Le frein électromagnétique Westinghouse, 1903, III. ....                                                                                                                                                                      | 228    |
| DÉTROUAT (I.). — Le Chemin de fer métropolitain de Paris, 1902, I. ....                                                                                                                                                                     | 136    |
| DEVAUX. — Commande électrique à distance par les ondes hertziennes. Application à la commande d'un sous-marin torpilleur, 1906, VI. ....                                                                                                    | 309    |
| DEVAUX-CHARBONNEL. — Les circuits téléphoniques combinés, 1903, III. ....                                                                                                                                                                   | 264    |
| — La capacité des grands câbles sous-marins, 1903, V. ....                                                                                                                                                                                  | 319    |
| — Étude expérimentale des transmissions télégraphiques, 1907, VII. ....                                                                                                                                                                     | 171    |
| — Étude expérimentale des lignes et appareils télégraphiques : propagation du courant, 1907, VII. ....                                                                                                                                      | 333    |
| — Emploi du galvanomètre Abraham pour la mesure directe des différences de phase. Applications à la téléphonie, 1908, VIII. ....                                                                                                            | 65     |
| — Les lignes téléphoniques homogènes, 1909, IX. ....                                                                                                                                                                                        | 567    |
| DUEZ (G.). — Remarques sur les cas de déraillement des perches de trolley en système désaxé, 1909, IX. ....                                                                                                                                 | 419    |

|                                                                                                                                                                                | Pages. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| DUSAUGEY (E.). — La protection des lignes aériennes contre la foudre, 1902, II....                                                                                             | 109    |
| — Méthode de protection contre les surtensions actuellement employée dans les réseaux de transport d'énergie, 1903, V. ....                                                    | 633    |
| — Les installations du Sud-Électrique, 1908, VIII.....                                                                                                                         | 125    |
| FERRIÉ (G.). — Sur l'état actuel de la télégraphie sans fil par ondes hertziennes, 1902, II.....                                                                               | 9      |
| — Les progrès de la télégraphie sans fil, 1903, III.....                                                                                                                       | 191    |
| — Sur les nouveaux procédés de transmission employés en télégraphie sans fil, 1910, X.....                                                                                     | 13     |
| FÉRY (C.) et CHÉNEVEAU (Ch.). — Étude du rayonnement des lampes à incandescence à filament métallique, 1909, IX.....                                                           | 655    |
| FIELD. — Étude oscillographique des phénomènes de résonnance dans les circuits électriques, d'après le <i>Journal of the Institution of Electrical Engineers</i> , 1903, III.. | 358    |
| FINZI (G.). — Traction électrique par moteurs-série à courants alternatifs, 1903, III.                                                                                         | 436    |
| GAIFFE (G.). — Mesureur électrique du couple, de la puissance et du travail mécanique, de MM. Gunther et Gaiffe, 1903, III.....                                                | 271    |
| GASNIER (P.). — L'Électricité dans les transmissions des voitures à pétrole. Embrayages et changements de vitesse électriques, 1908, VIII.....                                 | 81     |
| GAY (A.). — Canalisations souterraines (Lettre au sujet d'une Communication de M. Picou), 1902, II.....                                                                        | 235    |
| GIN (G.). — Régulateur électrique, 1904, IV.....                                                                                                                               | 78     |
| GIROUSSE (G.). — Le Laboratoire de l'École professionnelle des Postes et des Télégraphes. Les étalons de l'ohm légal, 1903, V.....                                             | 639    |
| GORCE (P. DE LA), JANET (P.) et LAPORTE (F.). — L'équivalent électrochimique de l'argent, 1908, VIII.....                                                                      | 523    |
| GORCE (P. DE LA) et LAPORTE (F.). — Recherches effectuées au Laboratoire central d'Électricité sur l'équivalent électrochimique de l'argent, 1910, X.....                      | 157    |
| GRASSOT (E.). — Fluxmètre et hystérésigraphe, 1904, IV.....                                                                                                                    | 523    |
| GRATZMULLER. — Nouvelle génératrice asynchrone de courants polyphasés, 1903, III.....                                                                                          | 19     |
| — Nouveau matériel à courant alternatif simple, 1903, III.....                                                                                                                 | 299    |
| GROSSELIN (J.). — Mesures de sécurité à conseiller pour l'exploitation des réseaux à courant alternatif (Résumé des discussions de la Société), 1906, VI.....                  | 343    |
| — Observations sur le cahier des charges de l'Union des Syndicats, relatifs aux câbles sous plomb armés, pour tensions supérieures à 2000 volts, 1910, X.....                  | 629    |
| GUÉRY (F.). — Sur l'utilité et moyens d'éviter les harmoniques dans les appareils à courants alternatifs, 1906, VI.....                                                        | 101    |
| — L'inondation de janvier 1910 et le matériel électrique (Rapport des première et quatrième Sections du Comité), 1910, X.....                                                  | 729    |
| GUILBERT (C.-F.). — Étude de l'influence des régulateurs des moteurs actionnant des alternateurs couplés en parallèle, 1902, II.....                                           | 283    |
| GUILLAUME (Ch.-Éd.). — Les étalons mercuriels de résistance électrique, 1906, VI..                                                                                             | 7      |
| — Théorie des alliages magnétiques du manganèse, 1906, VI.....                                                                                                                 | 301    |
| — Le Bureau international des Poids et Mesures, 1908, VIII.....                                                                                                                | 27     |
| GUILLET (A.). — Détermination de la constante d'un électrodynamomètre absolu par un phénomène d'induction, 1908, VIII.....                                                     | 535    |

|                                                                                                                                                                                                                                    | Pages. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| HERDT et DALÉMONT (J.). — Réaction d'induit et compoundage des alternateurs, 1909, IX.....                                                                                                                                         | 691    |
| HEYLAND (A.). — Alternateurs auto-exciteurs types d'induction, 1902, II.....                                                                                                                                                       | 541    |
| HOSPITALIER (Ed.). — Sur quelques applications de la méthode stroboscopique à l'étude des courants alternatifs, l'arcoscope et l'ondographe, 1904, I.....                                                                          | 339    |
| — Télétachymètre électrique, 1902, II.....                                                                                                                                                                                         | 377    |
| — Sur la représentation matérielle des fonctions à trois variables par des graphiques à trois dimensions, 1902, II.....                                                                                                            | 380    |
| — Ondographe différentiel, 1903, III.....                                                                                                                                                                                          | 283    |
| — L'arc à flamme et l'arc à vapeur de mercure, 1903, III.....                                                                                                                                                                      | 339    |
| — Sur la nomenclature électrique (à propos du Congrès international d'Électricité de Saint-Louis), 1904, IV.....                                                                                                                   | 193    |
| IGRÉSI (S.). — Dynamo Iglé-is-Regner à débit constant sous vitesses variables; son application à l'éclairage et à l'allumage des automobiles et à l'éclairage des trains, 1908, VIII.....                                          | 191    |
| ILIOVICI (D.). — Application de la méthode de la boucle à la recherche d'un défaut dans un câble triphasé souterrain, 1902, II.....                                                                                                | 710    |
| — Sur une méthode de mesure des courants alternatifs intenses étudiée au Laboratoire central d'Électricité, 1903, III.....                                                                                                         | 56     |
| — Recherches sur la commutation dans les dynamos à courant continu, 1904, IV..                                                                                                                                                     | 469    |
| JACQUIN (Ch.). — L'éclairage électrique des trains :                                                                                                                                                                               |        |
| Première Partie, 1902, II.....                                                                                                                                                                                                     | 338    |
| Deuxième Partie, 1902, II.....                                                                                                                                                                                                     | 485    |
| JANET (P.). — Les compteurs à l'Exposition de 1900, 1901, I.....                                                                                                                                                                   | 64     |
| — Essais de laboratoire sur la qualité isolante des gants d'électriciens, 1901, I.....                                                                                                                                             | 185    |
| — Sur l'arc électrique employé comme récepteur téléphonique, 1901, I.....                                                                                                                                                          | 371    |
| — Note sur l'analyseur harmonique de Coradi, 1901, I.....                                                                                                                                                                          | 560    |
| — Essais comparatifs des lampes à incandescence de 110 et 220 volts exécutés par le Laboratoire central d'Électricité à la demande de la Sous-Commission chargée de l'étude du régime futur de l'électricité à Paris, 1903, V..... | 275    |
| JANET (P.) et BAINVILLE (H.). — Les nouvelles lampes électriques au tungstène, 1907, VII.....                                                                                                                                      | 115    |
| JANET (P.). — L'accumulateur Edison; essais faits au Laboratoire central d'Électricité, 1903, III.....                                                                                                                             | 404    |
| — Remarques sur l'accumulateur Edison, 1907, VII.....                                                                                                                                                                              | 427    |
| JANET (P.) et JOUAUST (R.). — L'élément étalon au cadmium, 1908, VIII.....                                                                                                                                                         | 409    |
| JANET (P.), LAPORTE (F.) et JOUAUST (R.). — Détermination par un électrodynamomètre absolu de la force électromotrice des éléments au cadmium, 1908, VIII....                                                                      | 459    |
| JANET (P.), LAPORTE (F.) et GORCE (P. DE LA). — L'équivalent électrochimique de l'argent, 1908, VIII.....                                                                                                                          | 523    |
| JOHANN (P.). — Résultats d'expériences sur l'établissement du régime dans les transformateurs, 1903, V.....                                                                                                                        | 469    |
| — De l'établissement du courant dans les transformateurs, 1903, V.....                                                                                                                                                             | 579    |
| JOLY (L.). — Application de l'ampèremètre thermique J. Carpentier à la mesure des puissances et des décalages. Polythermique, 1903, V.....                                                                                         | 101    |
| — Appareils de mesure à deux aiguilles, système Ferrié et Carpentier. Fréquence-mètres et ohmmètres, 1910, X.....                                                                                                                  |        |

|                                                                                                                                                                                                                    | Pages. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| JOUAUST (R.). — Recherches effectuées au Laboratoire central d'Électricité sur les phénomènes de viscosité magnétique dans les aciers doux industriels et leur influence sur les méthodes de mesure, 1904, IV..... | 715    |
| — Mesures des pertes dans les tôles par la méthode du wattmètre, 1906, VI.....                                                                                                                                     | 219    |
| JOUAUST (R.) et LAPORTE (F.). — Étude sur le rapport des trois lampes Carcel, Hefner et Vernon-Harcourt, 1906, VI.....                                                                                             | 375    |
| JOUAUST (R.) et JANET (P.). — L'élément étalon au cadmium, 1908, VIII.....                                                                                                                                         | 409    |
| JOUAUST (R.), JANET (P.) et LAPORTE (F.). — Détermination par un électrodynamomètre absolu de la force électromotrice des éléments au cadmium, 1908, VIII....                                                      | 459    |
| JOUAUST (R.). — Recherches faites au Laboratoire central d'Électricité sur l'étalon de résistance et l'étalon de force électromotrice, 1910, X.....                                                                | 187    |
| JOVIGNOT (C.). — Sur la plate-forme électrique de l'Exposition de 1900, 1901, I.....                                                                                                                               | 9      |
| JUMAU (J.). — État actuel de l'accumulateur fer-nickel, 1907, VII.....                                                                                                                                             | 379    |
| JUPPONT (P.). — Note sur les liaisons des postulats de la Mécanique avec les équations dites de dimensions des grandeurs électriques,, 1909, IX.....                                                               | 529    |
|                                                                                                                                                                                                                    |        |
| KORDA (D.). — Traction par moteurs triphasés à haute tension (système Ganz et C <sup>ie</sup> ) appliquée sur la ligne de la Valteline, 1903, III.....                                                             | 96     |
| — La séparation électrique et magnétique des minerais, 1904, IV.....                                                                                                                                               | 9      |
| — Télégraphie rapide, système Pollag-Virag, 1906, VI.....                                                                                                                                                          | 465    |
| KOWALSKI (L. DE). — Réduction de l'acide nitrique par les décharges électriques, 1903, III.....                                                                                                                    | 314    |
|                                                                                                                                                                                                                    |        |
| LONGEVIN (P.). — Recherches récentes sur le mécanisme de la décharge disruptive, 1906, VI.....                                                                                                                     | 101    |
| — Recherches récentes sur le mécanisme du courant électrique. Ions et électrons, 1903, V.....                                                                                                                      | 615    |
| — Recherches récentes sur le mécanisme de la décharge disruptive; l'étincelle et l'arc électriques, 1906, VI.....                                                                                                  | 69     |
| LAPORTE (F.) et LÉONARD (C.). — Arc électrique à courant continu (Recherches exécutées au Laboratoire central d'Électricité), 1901, I.....                                                                         | 231    |
| LAPORTE (F.). — Résultats de quelques expériences photométriques exécutées au Laboratoire central d'Électricité sur la lampe Bremer, 1901, I.....                                                                  | 360    |
| — Recherches expérimentales sur l'arc électrique à courant alternatif exécutées au Laboratoire central d'Électricité, 1904, IV.....                                                                                | 121    |
| LAPORTE (F.) et JOUAUST (R.). — Étude sur le rapport des trois lampes Carcel, Hefner et Vernon-Harcourt, 1906, VI.....                                                                                             | 375    |
| LAPORTE (F.). — La Commission internationale de Photométrie, 1907, VII.....                                                                                                                                        | 487    |
| LAPORTE (F.) et BROCA (A.). — Étude des principales sources de lumière au point de vue de l'hygiène de l'œil, 1908, VIII.....                                                                                      | 277    |
| LAPORTE (F.), JANET (P.) et JOUAUST (R.). — Détermination par un électrodynamomètre absolu de la force électromotrice des éléments au cadmium, 1908, VIII....                                                      | 459    |
| LAPORTE (F.), JANET (P.) et GORCE (P. DE LA). — L'équivalent électrochimique de l'argent, 1908, VIII.....                                                                                                          | 523    |
| LAPORTE (F.). — Résultats d'essais effectués au Laboratoire central d'Électricité sur les lampes à filaments métalliques, 1909, IX.....                                                                            | 111    |
| LAPORTE (F.) et GORCE (P. DE LA). — Recherches effectuées au Laboratoire central d'Électricité sur l'équivalent électrochimique de l'argent, 1910, X.....                                                          | 157    |

|                                                                                                                                                                                                                              | Pages. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>LATOUR (M.).</b> — Alternateurs à collecteur, 1902, II.....                                                                                                                                                               | 389    |
| — Nouveau matériel à courant alternatif simple, 1903, III.....                                                                                                                                                               | 299    |
| — Moteurs à courants alternatifs à vitesse variable sans altération de rendement, 1904, IV.....                                                                                                                              | 63     |
| — L'arc à mercure. Ses propriétés, ses applications, 1903, V.....                                                                                                                                                            | 219    |
| — La commutation : considérations théoriques et pratiques tenant compte des récentes contributions et discussions, 1910, X.....                                                                                              | 265    |
| <b>LAURIOL (P.).</b> — Renseignements statistiques sur le fonctionnement du Secteur municipal d'électricité de Paris en 1901; représentation graphique de la répartition de l'électricité dans Paris en 1901, 1903, III..... | 10     |
| — Régularisation du courant électrique fourni par un moteur à gaz : dispositif de M. Girard, 1902, II.....                                                                                                                   | 413    |
| — La photométrie à papillotement et la photométrie hétérochrome, 1904, IV.....                                                                                                                                               | 647    |
| Essais faits à l'Usine municipale des Halles sur les lampes à incandescence à 110 volts et à 220 volts, 1903, V.....                                                                                                         | 269    |
| — L'éclairage électrique aux diverses fréquences, 1906, VI.....                                                                                                                                                              | 29     |
| <b>LEBIANC (M.).</b> — Étude du mouvement des machines à vapeur et accouplement des alternateurs en parallèle. Exposé du programme, 1901, I.....                                                                             | 497    |
| — Sur les étouffeurs d'harmoniques, 1903, V.....                                                                                                                                                                             | 17     |
| — La lampe et la soupape à mercure de Cooper Hewitt, 1903, V.....                                                                                                                                                            | 401    |
| <b>LEGOUEZ (R.).</b> — Premiers résultats de l'enquête sur les accidents dus aux surtensions et aux courts circuits dans les usines et les réseaux, 1910, X.....                                                             | 485    |
| <b>LÉONARD (C.) et LAPORTE (F.).</b> — Arc électrique à courant continu (Recherches exécutées au Laboratoire central d'Électricité), 1901, I.....                                                                            | 251    |
| <b>LÉONARD (C.).</b> — Étude des variations d'intensité lumineuse dans une période des lampes à incandescence alimentées par courants alternatifs, 1901, I.....                                                              | 615    |
| <b>LÉPINE.</b> — L'usine génératrice de Champ, 1902, II.....                                                                                                                                                                 | 659    |
| <b>LOPPÉ (F.).</b> — Note sur l'établissement des canalisations aériennes, 1901, I.....                                                                                                                                      | 455    |
| — Note au sujet de la détermination des portées des lignes aériennes, 1902, II.....                                                                                                                                          | 237    |
| — Nouveau dispositif de dynamo à tension pratiquement constante et à vitesse variable applicable à l'éclairage électrique, 1904, IV.....                                                                                     | 431    |
| <b>MARCHENA (DE).</b> — Emploi des commutatrices pour la transformation des courants polyphasés en courants continus, 1901, I.....                                                                                           | 205    |
| — Influence des régulateurs sur le fonctionnement en parallèle des alternateurs et description d'un nouveau système de commande de ces alternateurs, 1902, II.....                                                           | 754    |
| — Condition d'établissement et d'exploitation du réseau électrique de Milan à Gallarate et aux lacs italiens, 1903, III.....                                                                                                 | 180    |
| — Limites admissibles pour les tensions de service des câbles armés, 1906, VI.....                                                                                                                                           | 163    |
| <b>MATIGNON.</b> — Progrès récents de l'Électrometallurgie, 1908, VIII.....                                                                                                                                                  | 237    |
| <b>MAUGAS (G.).</b> — L'électricité à bord des navires de guerre, 1903, V.....                                                                                                                                               | 670    |
| <b>MONGIN (P.).</b> — Assimilation d'un régulateur à force centrifuge à un système pendulaire, 1903, V.....                                                                                                                  | 497    |
| — Les installations électriques de Rio-de-Janeiro, 1910, X.....                                                                                                                                                              | 457    |
| <b>PARODI (H.).</b> — Méthodes de calcul des projets de traction, 1909, IX.....                                                                                                                                              | 151    |
| <b>PELLAT (H.).</b> — Nouvel électrodynamomètre absolu et détermination de la force électromotrice de l'élément du type Weston, 1908, VIII.....                                                                              | 573    |
| — Quelques réflexions au sujet du système électromagnétique, 1909, IX.....                                                                                                                                                   | 143    |

|                                                                                                                                                          | Pages. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| — Théorie électronique des courants et de leurs propriétés, 1909, IX.....                                                                                | 285    |
| PERRIN (P.). — Sur les instruments de mesures électriques enregistreurs, 1901, I....                                                                     | 155    |
| PICOU (R.-V.). — Sur les services électriques de l'Exposition universelle de 1900, 1901, I.....                                                          | 120    |
| — Réaction d'induit et chute de tension dans les machines dynamo-électriques, 1902, II.....                                                              | 425    |
| — Perméamètre universel, 1902, II.....                                                                                                                   | 828    |
| — Oscillations électriques et surélévation de tension correspondantes dans les canalisations électriques, 1904, IV.....                                  | 267    |
| — Sur les courants de Foucault dans le fer induit des machines à courant continu, 1903, V.....                                                           | 7      |
| — Loi de l'attraction magnétique à distance et ses applications, 1907, VII.....                                                                          | 307    |
| PILLIER. — Nouveaux pyromètres thermo-électriques industriels Chauvin et Arnoux, 1906, VI.....                                                           | 183    |
| RECKLINGHAUSEN (M. DE). — La lampe Cooper Hewitt à courant alternatif monophasé, 1906, VI.....                                                           | 195    |
| REY (J.). — Éclat intrinsèque des gros arcs à courant continu, 1902, II.....                                                                             | 593    |
| ROUTIN (J.). — Les régulateurs automatiques et le compoundage électromécanique des groupes électrogènes, 1902, II.....                                   | 678    |
| ROY (L.). — De l'influence de la ventilation sur la température de régime des conducteurs nus et isolés, 1910, X.....                                    | 69     |
| SARRAT (A.). — Discussion sur les conditions les plus favorables pour le transport de l'énergie (présentée par M. Grosselin), 1905, V.....               | 483    |
| SWYNGEDAUF (A.). — Sur l'extension à des courants alternatifs quelconques de certaines constructions géométriques des courants sinusoïdaux, 1905, V..... | 445    |
| — La densité de courant et la tension les plus profitables pour la transmission de l'énergie, 1904, IV.....                                              | 417    |
| — Sur la réaction d'induit dans les dynamos à courant continu, 1908, VIII.....                                                                           | 351    |
| TISSOT (Ed.). — Remarques sur la stabilité de l'arc de Poulsen, 1909, IX.....                                                                            | 453    |
| TOSI (A.). — Télégraphie et téléphonie sans fil dirigeables Bellini-Tosi, 1908, VIII..                                                                   | 707    |
| — Résultats obtenus au poste de radiotélégraphie de Boulogne-sur-Mer, 1910, X..                                                                          | 147    |
| TRAZ (Jean DE). — Le système Sprague pour la commande des trains électriques à automotrices multiples, 1903, III.....                                    | 138    |
| — Sur certaines conditions du problème de la traction, 1909, IX.....                                                                                     | 299    |
| VALBREUZE (R. DE). — L'arc au mercure et ses propriétés en fonction du vide, 1903, III.....                                                              | 518    |
| — Sur les éclateurs, 1905, V.....                                                                                                                        | 641    |
| — Le développement de la traction électrique, 1907, VII.....                                                                                             | 11     |
| VÉDOVELLI (Ed.). — L'appareillage électrique à haute et basse tension, 1907, VII..                                                                       | 501    |
| VILLARD (P.). — Les rayons cathodiques dans le champ magnétique, 1906, VI....                                                                            | 45     |
| WEISS (P.). — Nouveaux ampèremètres et voltmètres indépendants de leur aimant, pour courant continu, 1902, II.....                                       | 266    |



---

## PARTIE ADMINISTRATIVE.

---

### LA SOCIÉTÉ.

#### Liste des Membres de la Société.

|                                              |                                           |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Admission des Membres titulaires, 1901, I... | 6, 61, 117, 150, 201, 250, 322, 494, 582  |
| » » 1902, II...                              | 6, 82, 170, 256, 336, 412, 540, 708, 812  |
| » » 1903, III...                             | 6, 54, 94, 174, 258, 293, 329, 402, 458   |
| » » 1904, IV...                              | 6, 50, 170, 214, 265, 358, 466, 646, 714  |
| » » 1905, V...                               | 6, 98, 146, 254, 362, 430, 482, 614, 714  |
| » » 1906, VI...                              | 6, 26, 98, 146, 210, 254, 318, 406, 446   |
| » » 1907, VII...                             | 6, 78, 134, 206, 290, 326, 378, 482, 554  |
| » » 1908, VIII...                            | 5, 61, 121, 166, 226, 274, 314, 638, 682  |
| » » 1909, IX...                              | 6, 54, 138, 198, 282, 333, 418, 566, 654  |
| » » 1910, X...                               | 10, 66, 132, 214, 318, 368, 403, 611, 677 |

#### Nécrologie.

##### *Membres décédés (par ordre alphabétique).*

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| MM. Abel, 1907, VII.....                                       | 326 |
| Aboilard, 1909, IX.....                                        | 8   |
| Amaury de Gibon, 1903, V.....                                  | 254 |
| Andréani, 1908, VIII.....                                      | 166 |
| Anney, 1907, VII.....                                          | 326 |
| Arnoye, 1906, VI.....                                          | 98  |
| Artimini, 1908, VIII.....                                      | 8   |
| Bablon, 1910, X.....                                           | 318 |
| Bandsept, Note nécrologique par M. E. Harlé, 1902, II.....     | 709 |
| Baron (II.), Note nécrologique par M. E. Mascart, 1901, I..... | 5   |
| Baudelle, 1908, VIII.....                                      | 64  |
| Baudot, Note nécrologique par M. E. Harlé, 1903, III.....      | 174 |
| Beaufils, 1902, II.....                                        | 6   |
| Becquerel (II.), 1908, VIII.....                               | 639 |
| Belle, 1908, VIII.....                                         | 639 |
| Berger (G.), 1910, X.....                                      | 502 |
| Bergès (A.), 1904, IV.....                                     | 170 |
| Bernheim (E.), 1908, VIII.....                                 | 8   |

|                                                                 | Pages.  |
|-----------------------------------------------------------------|---------|
| <b>MM.</b> Bertolus, 1908, VIII .....                           | 274     |
| Bischoffsheim, 1906, VI .....                                   | 254     |
| Blétry (C.), 1901, I .....                                      | 150     |
| Bonaffé, 1901, I .....                                          | 582     |
| Bourdin, 1903, V .....                                          | 254     |
| Bovet, 1909, IX .....                                           | 8       |
| Caméré, 1901, I .....                                           | 5       |
| Canet, Note nécrologique par M. P. Boucherot, 1908, VIII .....  | 639     |
| Casalonga, 1903, III .....                                      | 402     |
| Cedergren, 1909, IX .....                                       | 418     |
| Chaligny (J.), 1907, VII .....                                  | 207     |
| Chambre, 1904, IV .....                                         | 466     |
| Chambreleut, 1904, IV .....                                     | 466     |
| Chanson (L.), 1901, I .....                                     | 150     |
| Chassevent, 1909, IX .....                                      | 334     |
| Cheswright, 1906, VI .....                                      | 146     |
| Cheylus, 1903, III .....                                        | 402     |
| Christoffe, 1907, VII .....                                     | 80      |
| Clausonne (de), 1908, VIII .....                                | 226     |
| Codry, 1910, X .....                                            | 612     |
| Coiseau, Note nécrologique par M. P. Boucherot, 1909, IX .....  | 558     |
| Constantinowitch, 1902, II .....                                | 709     |
| Cornu (A.), Éloge funèbre par M. E. Harlé, 1902, II .....       | 336     |
| Courjon (D <sup>r</sup> ), 1910, X .....                        | 612     |
| Crapon, 1906, VI .....                                          | 210     |
| Curie (P.), Note nécrologique par M. M. Leblanc, 1906, VI ..... | 210     |
| Debray (P.), 1910, X .....                                      | 612     |
| Decencièrre-Ferrandière, 1909, IX .....                         | 654     |
| Dehesdin, 1903, III .....                                       | 174     |
| Demarchi, 1908, VIII .....                                      | 166     |
| Derry, 1908, VIII .....                                         | 166     |
| Diemand, 1909, IX .....                                         | 566     |
| Dinichert, 1907, VII .....                                      | 326     |
| Drago, Note nécrologique par M. A. Hillairet, 1901, I .....     | 495     |
| Droguet, 1906, VI .....                                         | 6       |
| Dunarintzu (P.), 1903, V .....                                  | 482     |
| Dunion, 1910, X .....                                           | 11      |
| Ebel, 1907, VII .....                                           | 326     |
| Fabry, 1903, V .....                                            | 254     |
| Fitzgerald, 1901, I .....                                       | 250     |
| Fontaine (H.), Notes nécrologiques, 1910, X .....               | 125-129 |
| Forgue, 1903, V .....                                           | 482     |
| Fortin-Hermann, 1902, II .....                                  | 83      |
| Fournier (V.), 1902, II .....                                   | 83      |

|                                                                             | Pages.  |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------|
| MM. Gamard (Abbé), 1901, I.....                                             | 582     |
| Gerente (Dr W.), 1904, IV.....                                              | 714     |
| Gillot, 1909, IX.....                                                       | 8       |
| Gladstone, 1904, IV.....                                                    | 466     |
| Gossard, 1909, IX.....                                                      | 566     |
| Gourgoulin, 1903, V.....                                                    | 146     |
| Gramme (Z.), Note nécrologique par M. E. Mascart, 1901, I.....              | 62      |
| Grumberg, 1909, IX.....                                                     | 199     |
| Guillemart, 1903, III.....                                                  | 402     |
| Guyot, 1910, X.....                                                         | 318     |
| <br>Héliand (Comte d'), 1903, V.....                                        | <br>6   |
| Helmer (O.), 1910, X.....                                                   | 612     |
| Henry (P.), Note nécrologique par M. Ch.-Éd. Guillaume, 1903, V.....        | 146     |
| Herbault, 1909, IX.....                                                     | 566     |
| Herrchillet, 1901, I.....                                                   | 202     |
| Hirsch, Note nécrologique par M. A. Hillairet, 1901, I.....                 | 495     |
| Hospitalier (Ed.), Note nécrologique par M. Ch.-Éd. Guillaume, 1907, VII... | 207     |
| Huet, 1906, VI.....                                                         | 446     |
| <br>Izard, 1910, X.....                                                     | <br>132 |
| <br>Jacques, 1901, I.....                                                   | <br>250 |
| Janssen, Note nécrologique par M. L. Poincaré, 1908, VIII.....              | 8       |
| Janssen, 1909, IX.....                                                      | 334     |
| Jarriant (A.), 1904, IV.....                                                | 170     |
| Jeantaud (Ch.), Note nécrologique par M. M. Leblanc, 1906, VI.....          | 446     |
| Joubert (J.), Note nécrologique par M. A. Larnaude, 1910, X.....            | 215     |
| <br>Lord Kelvin, Note nécrologique par M. L. Poincaré, 1908, VIII.....      | <br>10  |
| Kerkwyk, 1902, II.....                                                      | 6       |
| Kuczinski, 1906, VI.....                                                    | 6       |
| <br>Labry (de), 1902, II.....                                               | <br>812 |
| Laffargue (J.), Note nécrologique par M. E. Brylinski, 1907, VII.....       | 554     |
| Latchinoff, 1903, III.....                                                  | 55      |
| Laval, 1910, X.....                                                         | 67      |
| Lavie (P.), 1903, V.....                                                    | 6       |
| Legendre (A ), 1907, VI.....                                                | 207     |
| Lesourd, 1906, VI.....                                                      | 254     |
| Leveau, 1909, IX.....                                                       | 334     |
| Limousin (H.), 1909, IX.....                                                | 8       |
| Lœwy (M.), Note nécrologique par M. E. Brylinski, 1907, VII.....            | 483     |
| Loménie, Note nécrologique par M. A. Larnaude, 1910, X.....                 | 11      |
| Lottin, Note nécrologique par M. P. Boucherot, 1908, VIII.....              | 640     |
| Luneau-Clayeux, 1906, VI.....                                               | 98      |
| Luynes (de), 1904, IV.....                                                  | 466     |

|                                                                       | Pages.  |
|-----------------------------------------------------------------------|---------|
| Magee, 1907, VII.....                                                 | 483     |
| March, Note nécrologique par M. Ch.-Éd. Guillaume, 1904, IV.....      | 466     |
| Martin (L. de), 1906, VI.....                                         | 146     |
| Martin (H.-P.), 1909, IX.....                                         | 8       |
| Mascart (E.), Note nécrologique par M. P. Boucherot, 1908, VIII.....  | 641     |
| Meylan, 1908, VIII.....                                               | 226     |
| Minié, 1904, I.....                                                   | 202     |
| Montillot, 1903, III.....                                             | 8       |
| Morges, 1908, VIII.....                                               | 166     |
| Moussette, 1903, V.....                                               | 254     |
| Noë (F.), 1910, X.....                                                | 404     |
| Paiva (A. de), 1910, X.....                                           | 368     |
| Papillon (Dr), 1910, X.....                                           | 612     |
| Parent, 1909, IX.....                                                 | 566     |
| Parvillée (A.), 1909, IX.....                                         | 566     |
| Pellat (H.), Note nécrologique par M. A. Larnaudé, 1910, X.....       | 11      |
| Pellissier (G.), Note nécrologique par M. E. Brylinski, 1909, IX..... | 139     |
| Perrier (R.), Note nécrologique par M. A. Bochet, 1910, X.....        | 404     |
| Petit-Dupont, 1909, IX.....                                           | 334     |
| Piaux (V.), 1907, VII.....                                            | 207     |
| Picard (A.), 1909, IX.....                                            | 139     |
| Picard (P.), Note nécrologique par M. A. Bochet, 1910, X.....         | 612     |
| Piéper (H.), 1909, IX.....                                            | 418     |
| Picou (G.), 1903, V.....                                              | 362     |
| Planté (Ch.), 1902, II.....                                           | 709     |
| Poinsot (L.), 1903, V.....                                            | 362     |
| Potier (A.), Note nécrologique par M. E. Bouty, 1903, V.....          | 430-473 |
| Poussin, 1903, V.....                                                 | 430     |
| Radcliff, 1901, I.....                                                | 202     |
| Radiguet, 1906, VI.....                                               | 6       |
| Rémond (M.), 1908, VIII.....                                          | 166     |
| Rilliet, 1904, IV.....                                                | 466     |
| Rodary, 1907, VII.....                                                | 483     |
| Rothschild (Baron A.), 1903, V.....                                   | 430     |
| Rousseau (E.), Note nécrologique par M. E. Brylinski, 1909, IX.....   | 139     |
| Saglio, 1904, IV.....                                                 | 52      |
| Sainte-Anne (de), 1908, VIII.....                                     | 314     |
| Santerre, 1909, IX.....                                               | 566     |
| Sautter, 1907, VII.....                                               | 378     |
| Sellier (L.), 1904, IV.....                                           | 170     |
| Serrin (V.), Note nécrologique par M. E. Desrozières, 1903, V.....    | 99      |
| Seure, 1903, III.....                                                 | 174     |
| Siegfried (J.), 1910, X.....                                          | 368     |
| Smith (W <sup>t</sup> -H.), 1904, IV.....                             | 626     |
| Solignac, 1902, II.....                                               | 709     |

|                                                                           | Pages. |
|---------------------------------------------------------------------------|--------|
| Tanner, 1910, X.....                                                      | 318    |
| Ténicheff 1904, IV.....                                                   | 52     |
| Terrel, 1910, X.....                                                      | 318    |
| Thénard (Baron de), 1906, VI.....                                         | 146    |
| Thouroude, 1907, VII.....                                                 | 483    |
| Trépid, 1907, VII.....                                                    | 378    |
| Trouvé (G.), 1902, II.....                                                | 709    |
| Urech (H.), 1902, II.....                                                 | 709    |
| VasESCO, 1910, X.....                                                     | 215    |
| Vène, 1907, VII.....                                                      | 326    |
| Vigreux (C.-A.), 1909, IX.....                                            | 8      |
| Webber (Major), 1903, V.....                                              | 362    |
| Weyl, 1909, IX.....                                                       | 199    |
| Wladimir de Castro Guimaraes, 1903, V.....                                | 254    |
| Worms de Romilly, Note nécrologique par M. Ed. Hospitalier, 1903, III.... | 258    |
| Wünschendorff, Note nécrologique par M. A. Hillairet, 1901, I.....        | 495    |
| Zenger, 1908, VIII.....                                                   | 64     |

#### Discours et Biographies.

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Discours prononcé aux obsèques de M. H. Pellat, par M. E. Bouty, 1910, X.....            | 5   |
| Discours prononcé aux obsèques de M. Hippolyte Fontaine, par M. d'Arsonval, 1910, X..... | 129 |
| Discours prononcé aux obsèques de M. G. Berger, par M. A. Bochet, 1910, X.....           | 502 |
| La vie et les œuvres de E. Mascart, par M. P. Janet, 1909, IX.....                       | 481 |
| La vie et les œuvres de J. Joubert, par M. L. Poincaré, 1910, X.....                     | 305 |
| Georges Berger et l'Exposition internationale de 1881, par M. G. Sciama, 1910, X..       | 659 |

#### Distributions honorifiques et Prix.

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| MM. Boucherot (P.), prix Planté, 1902, II.....                        | 7   |
| Bernheim (E.), promu chevalier de la Légion d'honneur, 1902, II.....  | 73  |
| Brillouin (M.), promu chevalier de la Légion d'honneur, 1902, II..... | 73  |
| Becquerel (H.), prix Nobel, 1904, IV.....                             | 41  |
| M. et M <sup>me</sup> Curie, prix Nobel, 1904, IV.....                | 41  |
| MM. Picard (P.), prix Hughes, 1904, IV.....                           | 42  |
| Hospitalier (Ed.), prix Planté, 1904, IV.....                         | 42  |
| Curie (P.), élu membre de l'Académie des Sciences, 1903, V.....       | 482 |
| David (L.), prix Léon Droux, 1908, VIII.....                          | 117 |

#### Souscriptions.

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| En faveur du monument à Z. Gramme, 1902, II.....                     | 7   |
| Pour la frappe d'une médaille en l'honneur de A. Cornu, 1903, V..... | 147 |

#### Comités.

|                                                                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Listes des candidats en vue du renouvellement partiel des membres du Bureau, du Comité d'administration et de la Commission des Comptes |     |
| Pour l'exercice 1902-1903, 1901, I.....                                                                                                 | 119 |

|                                                                 | Pages. |
|-----------------------------------------------------------------|--------|
| Pour l'exercice 1903-1904, 1902, II .....                       | 171    |
| » 1904-1905, 1903, III .....                                    | 94     |
| » 1905-1906, 1904, IV .....                                     | 170    |
| » 1906-1907, 1905, V .....                                      | 147    |
| » 1907-1908, 1906, VI .....                                     | 98     |
| » 1908-1909, 1907, VII .....                                    | 135    |
| » 1909-1910, 1908, VIII .....                                   | 122    |
| » 1910-1911, 1909, IX .....                                     | 140    |
| » 1911-1912, 1910, X .....                                      | 133    |
| Liste des membres élus pour l'exercice 1902-1903, 1901, I ..... | 187    |
| » » » 1903-1904, 1902, II .....                                 | 276    |
| » » » 1904-1905, 1903, III .....                                | 238    |
| » » » 1905-1906, 1904, IV .....                                 | 241    |
| » » » 1906-1907, 1905, V .....                                  | 339    |
| » » » 1907-1908, 1906, VI .....                                 | 198    |
| » » » 1908-1909, 1907, VII .....                                | 262    |
| » » » 1909-1910, 1908, VIII .....                               | 213    |
| » » » 1910-1911, 1909, IX .....                                 | 265    |
| » » » 1911-1912, 1910, X .....                                  | 284    |

#### Assemblées générales.

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| Assemblée générale ordinaire du 3 avril 1901, 1901, I ..... | 149 |
| » extraordinaire du 3 janvier 1902, 1902, II .....          | 5   |
| » ordinaire du 9 avril 1902, 1902, II .....                 | 255 |
| » » du 1 <sup>er</sup> avril 1903, 1903, III .....          | 173 |
| » » du 13 avril 1904, 1904, IV .....                        | 213 |
| » » du 5 avril 1905, 1905, V .....                          | 253 |
| » » du 4 avril 1906, 1906, VI .....                         | 145 |
| » » du 10 avril 1907, 1907, VII .....                       | 205 |
| » » du 1 <sup>er</sup> avril 1908, 1908, VIII .....         | 165 |
| » » du 7 avril 1909, 1909, IX .....                         | 197 |
| » » du 6 avril 1910, 1910, X .....                          | 213 |
| Rapports de la Commission des Comptes, 1901, I .....        | 150 |
| » » 1902, II .....                                          | 257 |
| » » 1903, III .....                                         | 174 |
| » » 1904, IV .....                                          | 214 |
| » » 1905, V .....                                           | 254 |
| » » 1906, VI .....                                          | 146 |
| » » 1907, VII .....                                         | 209 |
| » » 1908, VIII .....                                        | 167 |
| » » 1909, IX .....                                          | 199 |
| » » 1910, X .....                                           | 215 |
| Rapports du Comité d'administration, 1901, I .....          | 153 |
| » » 1902, II .....                                          | 260 |
| » » 1903, III .....                                         | 170 |
| » » 1904, IV .....                                          | 217 |

|                                                                                                                              | Pages. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Rapport du Comité d'administration 1905, V.....                                                                              | 258    |
| » » 1906, VI.....                                                                                                            | 148    |
| » » 1907, VII.....                                                                                                           | 212    |
| » » 1908, VIII.....                                                                                                          | 170    |
| » » 1909, IX.....                                                                                                            | 202    |
| » » 1910, X.....                                                                                                             | 220    |
| Comptes rendus sur le Laboratoire central et l'École supérieure d'Électricité :                                              |        |
| 1905, V.....                                                                                                                 | 259    |
| 1906, VI.....                                                                                                                | 150    |
| 1907, VII.....                                                                                                               | 214    |
| 1908, VIII.....                                                                                                              | 173    |
| 1909, IX.....                                                                                                                | 204    |
| 1910, X.....                                                                                                                 | 221    |
| Situation financière au 31 décembre 1900, 1901, I.....                                                                       | 191    |
| » » 1901, 1902, II.....                                                                                                      | 328    |
| » » 1902, 1903, III.....                                                                                                     | 242    |
| » » 1903, 1904, IV.....                                                                                                      | 244    |
| » » 1904, 1905, V.....                                                                                                       | 348    |
| » » 1905, 1906, VI.....                                                                                                      | 158    |
| » » 1906, 1907, VII.....                                                                                                     | 222    |
| » » 1907, 1908, VIII.....                                                                                                    | 186    |
| » » 1908, 1909, IX.....                                                                                                      | 214    |
| » » 1909, 1910, X.....                                                                                                       | 236    |
| Allocutions des Présidents : de M. E. Mascart, président sortant, 1901, I.....                                               | 188    |
| » » de M. A. Hillairet, président rentrant, 1901, I.....                                                                     | 203    |
| » » de M. A. Hillairet, président sortant, 1902, II.....                                                                     | 277    |
| » » de M. E. Harlé, président rentrant, 1902, II.....                                                                        | 279    |
| » » de M. E. Harlé, président sortant, 1903, III.....                                                                        | 239    |
| » » de M. Ed. Hospitalier, président rentrant, 1903, III.....                                                                | 259    |
| » » de M. Ed. Hospitalier, président sortant, 1904, IV.....                                                                  | 261    |
| » » de M. J. Pollard, président rentrant, 1904, IV.....                                                                      | 262    |
| » » de M. J. Pollard, président sortant, 1905, V.....                                                                        | 341    |
| » » de M. E. Bouty, président rentrant, 1905, V.....                                                                         | 344    |
| » » de M. E. Bouty, président sortant, 1906, VI.....                                                                         | 199    |
| » » de M. M. Leblanc, président rentrant, 1906, VI.....                                                                      | 211    |
| » » de M. Ch.-Éd. Guillaume, vice-président, 1907, VII.....                                                                  | 264    |
| » » de M. H. Becquerel, président sortant, 1908, VIII.....                                                                   | 215    |
| » » de M. P. Boucherot, président rentrant, 1908, VIII.....                                                                  | 226    |
| » » de M. P. Boucherot, président sortant, 1909, IX.....                                                                     | 267    |
| » » de M. H. Pellat, président rentrant, 1909, IX.....                                                                       | 284    |
| » » de M. A. Larnauze, vice-président, 1910, X.....                                                                          | 285    |
| » » de M. A. Bochet, président rentrant, 1910, X.....                                                                        | 319    |
| Nomination de Membres honoraires : Nomination de trois Membres honoraires,<br>MM. Benoît, Marcel Deprez, Thury, 1910, X..... | 231    |

## Dons et legs à la Société.

### OUVRAGES OFFERTS.

|                 | Pages.                                     |
|-----------------|--------------------------------------------|
| 1901, I.....    | 59, 148, 319, 379, 579, 638                |
| 1902, II.....   | 80, 167, 253, 407, 537, 624, 808, 846      |
| 1903, III.....  | 51, 92, 172, 291, 328, 454, 533            |
| 1904, IV.....   | 47, 168, 212, 252, 356, 464, 534, 710, 740 |
| 1905, V.....    | 96, 144, 251, 358, 428, 479, 546, 675, 707 |
| 1906, VI.....   | 23, 95, 144, 208, 315, 363, 443, 487       |
| 1907, VII.....  | 76, 131, 203, 287, 324, 375, 432, 551, 611 |
| 1908, VIII..... | 59, 119, 164, 224, 271, 311, 404, 678, 759 |
| 1909, IX.....   | 51, 135, 195, 279, 332, 416, 479, 651, 727 |
| 1910, X.....    | 64, 124, 211, 365, 402, 509, 657, 750      |

### DONS DE COLLECTIONS.

|                                                                                                                                    |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Don de 125 Volumes par M. A. Gauthier-Villars, 1904, IV.....                                                                       | 214-253 |
| Don de 25 Volumes par M. E. Sartiaux, 1904, IV.....                                                                                | 465-534 |
| Legs de 40 Volumes par M. C.-L. Bourdin, 1903, V.....                                                                              | 359     |
| Don par M <sup>me</sup> V <sup>ve</sup> Potier d'une collection de livres provenant de la bibliothèque de A. Potier, 1906, VI..... | 6       |
| Don du Manuel complet du Répertoire bibliographique universel, par le général Sebert, 1906, VI.....                                | 318     |

### DONS DE SOMMES DIVERSES.

|                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Don d'une somme de 4500 <sup>fr</sup> par la Classe 23 de l'Exposition de 1900 et M. H. Fontaine, 1901, I.....  | 118 |
| Don d'une somme de 24 000 <sup>fr</sup> par la Classe 23 de l'Exposition de 1900, 1901, I.....                  | 150 |
| Don d'une somme de 3000 <sup>fr</sup> destinée à la Mission envoyée au Congrès de Buffalo, 1901, I.....         | 495 |
| Don d'une somme de 1000 <sup>fr</sup> par la Classe 23 de l'Exposition de 1900 et M. H. Fontaine, 1902, II..... | 83  |
| Don d'une somme de 86 <sup>fr</sup> par la Revue <i>L'Éclairage électrique</i> , 1906, VI.....                  | 210 |
| Don d'une somme de 1000 <sup>fr</sup> par l'Association amicale des Ingénieurs électriciens, 1908, VIII.....    | 64  |
| Don d'une somme de 2000 <sup>fr</sup> par le Groupe IV de l'Exposition internationale de Milan, 1908, VIII..... | 64  |

### DON DE COUPONS OU OBLIGATIONS.

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| Don de coupons ou obligations, 1903, III..... | 258 |
|-----------------------------------------------|-----|

### DONS D'APPAREILS DIVERS.

|                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Don d'appareils divers : Don d'une série de compteurs ayant figuré dans le Musée centennal de l'Exposition universelle de 1903 par la Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, 1902, II..... | 6  |
| — Note sur les compteurs faisant l'objet de ce don, 1902, II.....                                                                                                                                                           | 69 |



|                                       | Pages.     |
|---------------------------------------|------------|
| Don d'appareils divers, 1901, I.....  | 118        |
| » » 1902, II.....                     | 83-709     |
| » » 1903, III.....                    | 330-402    |
| » » 1904, IV.....                     | 170-714    |
| » » 1905, V.....                      | 6          |
| » » 1906, VI.....                     | 254        |
| Dons divers, 1908, VIII.....          | 639        |
| Don d'appareils divers, 1909, IX..... | 56-566-654 |
| » » 1910, X.....                      | 67         |

### Bibliographie.

#### Comptes rendus d'Ouvrages offerts à la Société :

|                 |                                            |
|-----------------|--------------------------------------------|
| 1901, I.....    | 112, 147, 315, 374, 492, 573, 636          |
| 1902, II.....   | 78, 164, 279, 332, 405, 535, 619, 806, 847 |
| 1903, III.....  | 52, 89, 172, 246, 288, 326, 353, 450, 530  |
| 1904, IV.....   | 45, 164, 208, 248, 354, 459, 527, 706, 737 |
| 1905, V.....    | 94, 134, 246, 352, 477, 543, 610, 674, 704 |
| 1906, VI.....   | 22, 92, 141, 203, 362, 397, 439, 485       |
| 1907, VII.....  | 126, 199, 320, 373, 430, 480, 549, 607     |
| 1908, VIII..... | 54, 118, 161, 218, 270, 306, 635, 675, 756 |
| 1909, IX.....   | 48, 131, 192, 274, 329, 413, 478, 647, 723 |
| 1910, X.....    | 60, 121, 207, 401, 504, 608, 654           |

|                                              |                             |
|----------------------------------------------|-----------------------------|
| Revue de Périodiques étrangers, 1901, I..... | 194, 376, 487, 569          |
| » » 1902, II.....                            | 74, 161, 246, 402, 616, 800 |
| » » 1903, III.....                           | 49, 250, 286, 323, 350, 444 |
| » » 1904, IV.....                            | 43, 203, 455                |

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| Table des matières des Périodiques étrangers, 1901, I..... | 639 |
| » » 1902, II.....                                          | 853 |
| » » 1903, III.....                                         | 535 |
| » » 1904, IV.....                                          | 743 |

#### Table alphabétique des matières contenues dans les Tomes ,

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| I (2 <sup>e</sup> série), 1901, I..... | 657 |
| II, 1902, II.....                      | 869 |
| III, 1903, III.....                    | 553 |
| IV, 1904, IV.....                      | 753 |
| V, 1905, V.....                        | 709 |
| VI, 1906, VI.....                      | 489 |
| VII, 1907, VII.....                    | 613 |
| VIII, 1908, VIII.....                  | 761 |
| IX, 1909, IX.....                      | 729 |
| X, 1910, X.....                        | 751 |

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Table alphabétique des auteurs cités dans les Tomes : I (2 <sup>e</sup> série), 1901, I..... | 653 |
| » » II, 1902, II.....                                                                        | 875 |
| » » III, 1903, III.....                                                                      | 557 |

|                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Table alphabétique des auteurs cités dans les Tomes IV, 1904, IV.....                                                      | 757 |
| » » V, 1903, V.....                                                                                                        | 713 |
| » » VI, 1906, VI.....                                                                                                      | 493 |
| » » VII, 1907, VII.....                                                                                                    | 617 |
| » » VIII, 1908, VIII.....                                                                                                  | 765 |
| » » IX, 1909, IX.....                                                                                                      | 733 |
| » » X, 1910, X.....                                                                                                        | 755 |
| Table générale des Matières du Bulletin, 1 <sup>re</sup> série (1884-1900), supplément au Bulletin de mars 1902, 1902, II. |     |

### Travaux des Sections.

|                                                                                                                                                                                                                                                 |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Annexe au Bulletin de mai 1901. Travaux de la première Section : Sur le coefficient d'irrégularité des moteurs; compte rendu de la séance du 6 mai 1901, par M. M. Leblanc, 1901, I.                                                            |         |
| Annexe au Bulletin de juillet 1901. Travaux de la première Section : compte rendu des séances du 3 juin et du 1 <sup>er</sup> juillet 1901, par M. M. Leblanc, 1901, I.                                                                         |         |
| Annexe au Bulletin de décembre 1901. Travaux de la première Section : Questionnaire sur l'influence des régulateurs, 1901, I.                                                                                                                   |         |
| Annexe au Bulletin de janvier 1902. Rapport sur les travaux de la quatrième Section: conditions à déterminer pour la fabrication et la réception des câbles utilisés dans les distributions d'énergie électrique, par M. E. Sartiaux, 1902, II. |         |
| Annexe au Bulletin de juin 1902. Travaux de la première Section: Courbe de variation de la vitesse angulaire d'un moteur à vapeur, par M. G. Chevrier, 1902, II..                                                                               | 534     |
| Rapport sur les travaux de la sixième Commission: Les essais magnétiques des fers dans l'industrie par M. Armagnat, 1902, II.....                                                                                                               | 172     |
| Rapport sur les travaux de la première Section: Étude de l'influence des régulateurs des moteurs actionnant des alternateurs couplés en parallèle, par M. C.-F. Guilbert, 1902, II. ....                                                        | 281-283 |
| Note de la première Section du Comité, par M. Boucherot, 1903, III.....                                                                                                                                                                         | 399     |
| Travaux des première et quatrième Sections: Lettre de M. Boucherot, 1909, IX....                                                                                                                                                                | 481     |

### Correspondance.

|                                                                                                                                          |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Lettres de M. E. Brylinski, 1902, II.....                                                                                                | 66         |
| » la Société anonyme des anciens ateliers de construction Van den Kerchove, à Gand, 1902, II.....                                        | 8, 66, 153 |
| » M. G. Gauthier, 1902, II.....                                                                                                          | 242        |
| » M. D. Korda, 1904, IV.....                                                                                                             | 42         |
| » l'American Institute of Electrical Engineers: programme de l'excursion organisée à l'occasion du Congrès de Saint-Louis, 1904, IV..... | 358, 451   |
| » II. Chaumat, 1903, V.....                                                                                                              | 133        |
| » Institution of Electrical Engineers: Invitation à visiter la Grande-Bretagne, 1903, V.....                                             | 678, 702   |
| » 1906, VI.....                                                                                                                          | 21, 99     |
| » M. P. Boucherot, 1909, IX.....                                                                                                         | 55         |
| » M. A. Blondel, 1909, IX.....                                                                                                           | 273        |

|                                               | Pages. |
|-----------------------------------------------|--------|
| Lettres de MM. Bellini et Tosi, 1909, IX..... | 273    |
| » M. P. Janet, 1909, IX.....                  | 282    |
| » M. Ch. Jacquin, 1909, IX.....               | 721    |
| » M. H. André, 1909, IX.....                  | 722    |
| » M. H. Chrétien, 1910, X.....                | 117    |
| » MM. Ch. Féry et C. Chéneveau, 1910, X.....  | 119    |

### Informations.

|                                                                                                                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Chronique : État des négociations engagées avec la Ville de Paris en vue de la cession à la Société des terrains correspondant aux numéros 6, 8, 10 de la rue de Staël (Poste d'ambulances urbaine), 1901, I..... | 582 |
| — État des négociations, par M. E. Mascart, 1902, II.....                                                                                                                                                         | 63  |
| — Délibération de l'Assemblée générale extraordinaire du 3 janvier, 1902, II.....                                                                                                                                 | 65  |
| — Prorogation de la concession du terrain des ambulances, 1902, II.....                                                                                                                                           | 532 |
| — Délibération de l'Assemblée générale du 13 avril 1904, 1904, IV.....                                                                                                                                            | 219 |
| — Acte de réalisation, 1904, IV.....                                                                                                                                                                              | 220 |
| Réception de M. Baudry, Président de la Société des Ingénieurs civils de France, à la réunion du 6 novembre 1901, 1901, I.....                                                                                    | 493 |
| Banquet de l'Union des Syndicats de l'Électricité, 1908, VII.....                                                                                                                                                 | 274 |
| Banquet de la Société des Ingénieurs civils de France, 1908, VIII.....                                                                                                                                            | 274 |
| Banquet de la Société des Ingénieurs électriciens anglais, 1908, VIII.....                                                                                                                                        | 639 |
| Bourse industrielle de voyage en Amérique à M. O. Gallet, 1903, III.....                                                                                                                                          | 52  |
| Compte rendu du voyage en Grande-Bretagne, par M. Brylinski, 1906, VI.....                                                                                                                                        | 365 |
| Organisation de visites au Salon de l'Automobile, 1906, VI.....                                                                                                                                                   | 417 |
| Visites aux ateliers et aux travaux du Métropolitain, 1907, VII.....                                                                                                                                              | 326 |
| Création de l'Association française du Froid; organisation d'un Office de renseignements techniques et contentieux, 1909, IX.....                                                                                 | 130 |
| Insertion dans le Bulletin des offres et demandes d'emplois, 1906, VI.....                                                                                                                                        | 361 |

### Circulaires.

|                                                                                                                                                                 |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Circulaire de la <i>Verein deutscher Ingenieure</i> en vue de l'établissement d'un dictionnaire technique universel, 1901, I.....                               | 199     |
| Appel du Comité technique des P. T. T. en vue de la réalisation d'un appareil permettant de reconnaître l'état de charge d'une ligne électrique, 1903, III..... | 294     |
| Appel du Comité technique des P. T. T., en vue de l'étude du retour du courant par la terre, 1903, III.....                                                     | 294-355 |
| Invitation du Comité technique contre l'incendie, 1908, VIII.....                                                                                               | 11      |

### Expositions et Congrès.

|                                                                                                               |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Invitation de l'American Institute of Electrical Engineers à prendre part au Congrès de Buffalo, 1901, I..... | 202-246 |
| — Programme préliminaire des réunions, visites, etc., 1901, I.....                                            | 247     |
| — Programme de voyage des Ingénieurs électriciens d'Europe aux États-Unis (été 1901), 1901, I.....            | 312     |

|                                                                                                                                                                                 | Pages. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| — Délégation de M. P. Janet au Meeting de Buffalo, 1901, I.....                                                                                                                 | 322    |
| — Rapport sur la mission envoyée par la Société internationale des Électriciens au Congrès de l' <i>American Institute of Electrical Engineers</i> , par M. P. Janet, 1901, I.. | 381    |
| — Description des principales installations visitées au cours du voyage, par MM. Courbier et David, 1901, I.....                                                                | 396    |
| Compte rendu du Congrès de la houille blanche, à Grenoble, par M. E. Harlé, 1902, II.                                                                                           | 707    |
| Congrès de la documentation photographique, à Marseille, 1906, VI.....                                                                                                          | 395    |
| Premier Congrès international des Industries frigorifiques : programme, 1907, VII..                                                                                             | 477    |
| Exposition internationale des Applications de l'Électricité, à Marseille.                                                                                                       |        |
| — Congrès international des Applications de l'Électricité, liste des rapports, 1908, VIII .....                                                                                 | 114    |
| — Avantages accordés aux Congressistes, 1908, VIII.....                                                                                                                         | 274    |
| — Compte rendu, 1908, VIII.....                                                                                                                                                 | 639    |
| — Catalogue officiel, 1908, VIII.....                                                                                                                                           | 675    |

#### Prix et Concours.

|                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Prix Henri Schneider, conditions du concours, 1902, II.....                                                               | 406 |
| Concours international pour un appareil limiteur de courant, ouvert par le Syndicat des Forces hydrauliques 1906, VI..... | 21  |
| Prix agronomique, institué par la Société des Agriculteurs de France; conditions du concours, 1906, VI.....               | 394 |

#### Avis divers.

|                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Réouverture du Cours public de Photographie, professé par M. E. Cousin, 1902, II..                                  | 818 |
| Mise en vente d'une collection du journal <i>La Lumière électrique</i> , 1902, II.....                              | 538 |
| Réouverture du Cours public de Photographie, 1903, V.....                                                           | 708 |
| Remises en librairie, 1906, VI.....                                                                                 | 396 |
| Réouverture du Cours public de Photographie, 1906, VI.....                                                          | 438 |
| Insigne de la Société, 1907, VII.....                                                                               | 290 |
| Mise en vente aux enchères de la bibliothèque de M. Ed. Hospitalier, 1907, VII....                                  | 548 |
| Réouverture du Cours public de Photographie, 1907, VII.....                                                         | 548 |
| Réouverture du Cours public de Photographie, 1908, VIII.....                                                        | 635 |
| Mise en vente du Catalogue officiel de l'Exposition des Applications de l'Électricité de Marseille, 1908, VIII..... | 675 |
| Publication du premier Volume du Recueil des Travaux du Laboratoire central d'Électricité, 1910, X.....             | 215 |

### LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

#### Notices.

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Essai des câbles et des isolateurs à haute tension, 1902, II.....            | 245 |
| Programme d'étude complète des compteurs à courant alternatif, 1902, II..... | 531 |

|                                                   | Pages. |
|---------------------------------------------------|--------|
| Notice historique, par M. P. Janet, 1904, IV..... | 539    |
| Notice descriptive, 1904, IV.....                 | 547    |
| Tarif additionnel, 1905, V.....                   | 547    |

#### Don de sommes diverses.

|                                                                                                               |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Don d'une somme de 696 <sup>fr</sup> par la Classe 27 de l'Exposition de 1900, 1901, I.....                   | 496    |
| Don d'une somme de 400 <sup>fr</sup> par M. H. Fontaine, 1907, VII.....                                       | 209    |
| Don d'une somme de 400 <sup>fr</sup> par la Société technique de l'Industrie du Gaz en France, 1907, VII..... | 290    |
| Don de coupons ou obligations, 1905, V.....                                                                   | 678    |
| Don d'appareils divers, 1901, I.....                                                                          | 62     |
| » 1902, II.....                                                                                               | 709    |
| » 1903, III.....                                                                                              | 8-402  |
| » 1904, IV.....                                                                                               | 265    |
| » 1906, VI.....                                                                                               | 28-210 |
| » 1907, VII.....                                                                                              | 326    |

### ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ.

#### Notices.

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Modifications aux conditions de dispense du concours d'entrée, 1902, II..... | 706 |
| • Notice historique, par M. P. Janet, 1904, IV.....                          | 539 |
| Notice descriptive, 1904, IV.....                                            | 595 |
| Amortissement de l'emprunt: pour 1901, 1901, I.....                          | 63  |
| » » pour 1902, 1902, II.....                                                 | 83  |
| » » pour 1903, 1903, III.....                                                | 55  |
| » » pour 1904, 1904, IV.....                                                 | 52  |
| » » pour 1905, 1905, V.....                                                  | 99  |
| » » pour 1906, 1906, VI.....                                                 | 28  |

#### Liste des élèves ayant obtenu le diplôme de fin d'études.

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| Promotion VII (1900-1901), 1902, II..... | 334 |
| » VIII (1901-1902), 1902, II.....        | 705 |
| » XI (1904-1905), 1905, V.....           | 609 |
| » XII (1905-1906), 1906, VI.....         | 393 |
| » XIII (1906-1907), 1907, VII.....       | 479 |
| » XIV (1907-1908), 1908, VIII.....       | 634 |
| » XV (1908-1909), 1909, IX.....          | 564 |
| » XVI (1909-1910), 1910, X.....          | 610 |

#### Voyages des élèves.

|                                                                                                  |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Voyage d'études techniques de l'École supérieure d'Électricité, par M. H. Chaumat, 1902, II..... | 627           |
| — Conférences faites aux élèves au cours du voyage, 1902, II.....                                | 633, 659, 678 |

**Don de sommes diverses.**

|                                                                              | Pages.       |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Don d'une somme de 50 <sup>fr</sup> par M. Bernard, 1903, V.....             | 678          |
| Don d'une bourse de voyage de 250 <sup>fr</sup> par M. Bochet, 1906, VI..... | 146          |
| Don de coupons ou obligations: 1901, I.....                                  | 202          |
| »          »          1902, II.....                                          | 257          |
| »          »          1903, III.....                                         | 291          |
| »          »          1904, IV.....                                          | 265          |
| »          »          1905, V.....                                           | 362          |
| »          »          1906, VI.....                                          | 210          |
| Don d'appareils divers: 1901, I.....                                         | 62, 202, 322 |
| »          1904, IV.....                                                     | 358          |
| »          1905, V.....                                                      | 430          |
| »          1906, VI.....                                                     | 28, 146, 210 |
| »          1907, VII.....                                                    | 10           |
| »          1910, X.....                                                      | 677          |

**SOCIÉTÉ INTERNATIONALE**  
**DES**  
**ÉLECTRICIENS.**





## TABLE DES MATIÈRES.

|                                                             | Pages                                    |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Notice.....                                                 | 5                                        |
| Décret d'utilité publique .....                             | 8                                        |
| Statuts.....                                                | 9                                        |
| Règlement intérieur d'administration .....                  | 12                                       |
| Laboratoire central d'Électricité.                          | Emplacement du Laboratoire .....         |
|                                                             | 16                                       |
|                                                             | Décret, Convention et Actes divers ..... |
|                                                             | 17                                       |
|                                                             | Règlement de contrôle.....               |
|                                                             | 24                                       |
|                                                             | Règlement intérieur .....                |
|                                                             | 25                                       |
|                                                             | Commission administrative .....          |
|                                                             | 28                                       |
|                                                             | Personnel.....                           |
|                                                             | 28                                       |
|                                                             | Tarif des essais et étalonnements.....   |
|                                                             | 29                                       |
| École supérieure d'Électricité....                          | Règlement administratif.....             |
|                                                             | 37                                       |
|                                                             | Commission administrative .....          |
|                                                             | 38                                       |
|                                                             | Conseil de perfectionnement.....         |
|                                                             | 39                                       |
|                                                             | Souscripteur.....                        |
|                                                             | 41                                       |
|                                                             | Personnel.....                           |
|                                                             | 42                                       |
|                                                             | Organisation de l'Enseignement.....      |
|                                                             | 42                                       |
|                                                             | Cours et Conférences .....               |
|                                                             | 47                                       |
|                                                             | Programme d'admission.....               |
|                                                             | 49                                       |
|                                                             | Section de Radiotélégraphie .....        |
|                                                             | 53                                       |
| Comité d'administration .....                               | Présidents honoraires.....               |
|                                                             | 57                                       |
|                                                             | Trésorier honoraire.....                 |
|                                                             | 57                                       |
|                                                             | Membres honoraires.....                  |
|                                                             | 57                                       |
|                                                             | Anciens Présidents .....                 |
|                                                             | 57                                       |
|                                                             | Membres du Bureau.....                   |
|                                                             | 58                                       |
|                                                             | Membres du Comité .....                  |
|                                                             | 60                                       |
|                                                             | Sections du Comité .....                 |
|                                                             | 62                                       |
| Commission des Comptes .....                                | 62                                       |
| Commission consultative.....                                | 62                                       |
| Membres correspondants.....                                 | 63                                       |
| Anciens Membres du Bureau.....                              | 63                                       |
| Donateurs.....                                              | 65                                       |
| Liste générale alphabétique des Membres de la Société ..... | 71                                       |
| Liste par localités .....                                   | 146                                      |
| Liste des périodiques reçus à la Bibliothèque.....          | 165                                      |
| Liste des libraires et éditeurs accordant des remises.....  | 168                                      |



# SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 7 DÉCEMBRE 1886.

---

## NOTICE.

---

La Société internationale des Électriciens, fondée dans le courant de l'année 1883 et définitivement constituée par l'Assemblée générale du 15 novembre de la même année, a été reconnue d'utilité publique le 7 décembre 1886.

Dès l'année 1884, la Société commença la publication d'un bulletin mensuel.

La Société a fondé, en 1888, le Laboratoire central d'Électricité, qui avait été institué à Paris par le décret du 24 février 1882 sous la haute direction du Ministre des Postes et Télégraphes; les dons, en argent ou en nature, faits par les Membres de la Société ont beaucoup aidé à cette création. En novembre 1894, la Société fonda une École d'Application qui est aujourd'hui l'École supérieure d'Électricité.

Le Laboratoire et l'École vivent actuellement des subventions de la Société et de leurs revenus propres. Ces deux fondations, qui forment actuellement deux des plus importants services de la Société, sont dues entièrement à son initiative, elles sont la démonstration la plus évidente de son activité et de son utilité.

*Séances.* — La Société tient ses séances mensuelles dans l'Hôtel de la Société d'Encouragement, 44, rue de Rennes, le premier mercredi de chaque mois, à 8 heures et demie du soir.

L'aménagement de la salle et la facilité de disposer à volonté de l'énergie électrique permettent d'ajouter aux séances l'attrait d'expériences et de projections. Des invitations sont envoyées aux personnes étrangères à la Société, qui en font la demande pour une séance déterminée. Des cartes d'entrée sont également envoyées aux élèves des principales Écoles.

Dans ces séances, la Société entend les Communications techniques qui lui sont présentées et qu'elle provoque au besoin. C'est ainsi qu'au fur et à mesure des progrès de la science électrique, la Société a entendu l'exposé des grandes découvertes de *Hertz*, de *Röntgen*, de *Becquerel*, de *Curie*, et, plus récemment, les théories nouvelles relatives au rôle des *ions*.

Les grandes applications de l'électricité ont donné lieu à de nombreuses Communications. On peut citer parmi les discussions provoquées par la Société : *la traction mécanique dans Paris*, *le couplage des alternateurs*, *l'irrégularité des moteurs à vapeur*, *les effets des surtensions dans les*

*câbles, les appareils de protection contre la rupture des conducteurs aériens, la traction électrique, etc.* Sur tous ces sujets la collection du *Bulletin* renferme une quantité de documents originaux de haute valeur.

Dans le cours de l'année 1905-1906, la Société a été appelée par le Ministère de la Marine à donner son avis sur un projet de réglementation des conditions à imposer aux fournisseurs du matériel électrique de son Département et les conclusions adoptées par elle ont été rendues officielles. Enfin, la Société a pris l'initiative de la formation du Comité français de la Commission électrotechnique internationale, dont la création a été décidée par le Congrès de Saint-Louis en 1904, et qui a pour but de définir et d'uniformiser les modèles et les méthodes d'essais des machines et appareils électriques.

*Commissions.* — Afin de faciliter l'étude et la discussion de toutes les questions techniques, le Comité d'administration est divisé en six sections dans lesquelles ses Membres sont groupés par spécialités. Ces sections tiennent des réunions indépendantes des séances mensuelles de la Société et elles y discutent, d'une façon plus complète, toutes les questions qui leur sont soumises ou qu'elles croient devoir étudier. Les résultats de ces discussions sont présentés à la Société dans les séances mensuelles et insérés au *Bulletin*.

*Bulletin.* — Le *Bulletin* mensuel publie les Communications faites en séance, ainsi que les discussions qui les accompagnent.

*Bibliothèque.* — La Bibliothèque de la Société renferme un grand nombre d'Ouvrages et une importante collection de périodiques. Tous les Ouvrages offerts à la Société y prennent place, après avoir été l'objet d'un compte rendu analytique dans le *Bulletin* mensuel.

Elle est ouverte tous les jours de 3<sup>h</sup> à 6<sup>h</sup>, à tous les Membres adhérents, qui peuvent y consulter sur place tous les Ouvrages qu'elle contient.

*Laboratoire.* — Le Laboratoire central d'Électricité est à la disposition des savants et des industriels, dans les conditions définies par le Règlement d'administration que l'on trouvera ci-après et du Règlement intérieur (voir p. 25). Il offre à l'industrie des moyens de contrôle et d'essai des appareils et matières, dans des conditions de haute précision et de parfaite impartialité. Les résultats des mesures sont consignés dans des certificats signés par le Directeur du Laboratoire. Le nombre des essais demandés par les administrations publiques et par l'industrie suit une progression rapide.

En même temps, le Laboratoire met à la disposition des jeunes gens qui se destinent à l'industrie électrique, et qui possèdent déjà une instruction théorique suffisante, le moyen d'acquérir, par la pratique, la connaissance et l'usage des instruments et des machines.

*École supérieure d'Électricité.* — L'École supérieure d'Électricité a pour but de donner aux ingénieurs les connaissances pratiques qu'exige l'emploi si étendu de l'électricité dans l'industrie.

L'enseignement comprend des cours généraux, des séries de conférences et des travaux pratiques au laboratoire et à l'atelier (*voir* p. 42).

Les élèves ayant suivi avec assiduité tous les exercices de l'École et satisfait aux examens de sortie reçoivent un diplôme d'ingénieur électricien.

Une section nouvelle, destinée à l'enseignement pratique et approfondi de la Télégraphie sans fil, a été ouverte récemment (*voir* p. 53).

*Offres et demandes d'emploi.* — Les offres et demandes d'emploi faites par les membres de la Société sont insérées dans le *Bulletin mensuel* lorsqu'elles ont été reçues au Secrétariat avant le 5 du mois.

*Remises des Librairies.* — Par suite d'une entente spéciale avec un certain nombre de Libraires et Éditeurs, des remises spéciales sont faites aux Membres de la Société sur les livres provenant des Maisons dont le nom est inséré dans l'*Annuaire* (*voir* p. 168).

*Insigne.* — Pour faciliter la reconnaissance des Membres de la Société, dans le cas de visites collectives ou de réceptions, le Comité a fait établir un insigne en argent (*voir* p. 168).



---

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

---

DÉCRET.

---

Le Président de la République française,  
Sur le Rapport du Ministre de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes,  
Vu la demande formée par la Société internationale des Électriciens, à l'effet d'être reconnue comme établissement d'utilité publique ;  
Vu les statuts de cette Société, l'état de sa situation financière et les autres pièces produites à l'appui de sa demande ;  
Vu l'avis favorable du Comité des Travaux historiques et scientifiques (Section des Sciences) ;  
Vu les avis favorables du Préfet de la Seine et du Vice-Recteur de l'Académie de Paris ;  
La Section de l'Intérieur, de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes du Conseil d'État entendue,

Décède :

ART. 1<sup>er</sup>. — La Société internationale des Électriciens est reconnue comme établissement d'utilité publique.

ART. 2. — Les statuts sont approuvés tels qu'ils sont ci-annexés. Aucune modification ne pourra y être apportée sans autorisation du Gouvernement.

ART. 3. — Le Ministre de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 7 décembre 1886

*Signé* : JULES GRÉVY.

Par le Président de la République :

*Le Ministre de l'Instruction publique,  
des Beaux-Arts et des Cultes,*

*Signé* : RENÉ GOBLET.

Pour ampliation :

*Le chef de bureau au Cabinet,*

*Signé* : ROUJON.

---

---

## STATUTS.

---

**ART. 1<sup>er</sup>.** — La *Société internationale des Électriciens* a pour but :

1<sup>o</sup> De centraliser, pour leur étude et leur discussion, les renseignements et les documents concernant les progrès de l'Électricité;

2<sup>o</sup> De favoriser la vulgarisation et le développement de l'Électricité par tous les moyens. A cet effet, elle exerce son action par des réunions, des conférences, des publications, des dons, en instruments ou en argent, aux personnes travaillant à des recherches ou entreprises scientifiques qu'elle aurait provoquées ou approuvées;

3<sup>o</sup> D'établir et d'entretenir des relations suivies et de solidarité entre les divers Membres, français ou étrangers, de la Société.

Le siège de la Société est à Paris.

**ART. 2.** — La Société s'interdit toute ingérence dans une entreprise industrielle ou commerciale quelconque.

**ART. 3.** — La Société se compose :

De *Membres titulaires*;

De *Membres fondateurs*;

De *Membres honoraires*.

Pour devenir Membre de la Société, il faut :

Adresser au Président une demande écrite appuyée par deux Membres de la Société

Être élu en séance, à la majorité des voix.

Les Sociétés et Compagnies scientifiques et industrielles peuvent, sur l'avis motivé du Comité, figurer parmi les Membres de la Société internationale des Électriciens. Elles sont alors représentées dans les actes de la Société par un délégué spécial.

Tout Membre ayant fait don à la Société d'une somme d'au moins 500<sup>fr</sup> reçoit la qualité de Donateur

Les Membres fondateurs sont ceux qui faisaient partie de la Société avant le 15 octobre 1883, et ceux qui étaient devenus donateurs avant le 15 octobre 1884.

Le titre de Membre honoraire est conféré comme un hommage et une distinction à des personnes ayant rendu à la Science, à l'Industrie ou à la Société en particulier des services éminents.

Les Membres honoraires sont nommés par l'Assemblée générale sur la proposition du Comité.

**ART. 4.** — Tous les Membres de la Société, sauf les Membres honoraires, payent une cotisation annuelle dont le minimum est fixé à vingt francs.

La cotisation peut être rachetée moyennant le versement d'une somme déterminée

**ART. 5.** — La Société est administrée par un Comité formé du Bureau de la Société et de quarante-huit Membres, et élu par l'Assemblée générale.

Le Bureau de la Société se compose de :

*Un Président*;

*Six Vice-Présidents*;

*Un Secrétaire général*;

*Six Secrétaires*;

*Un Trésorier*.

Le Président préside les séances de la Société et celles du Comité; il est nommé pour une année et n'est point immédiatement rééligible.

Les Vice-Présidents et les Secrétaires sont nommés pour trois ans et renouvelés chaque année par tiers; les Membres sortants ne sont point immédiatement rééligibles.

Le Secrétaire général organise les séances et dirige les publications de la Société; il mandate les dépenses.

Le Trésorier opère les recettes, paye les dépenses, et a le dépôt des valeurs.

Le Secrétaire général et le Trésorier sont nommés pour deux ans; ils sont tous deux rééligibles.

Le Président et le Secrétaire général doivent être de nationalité française.

Les autres Membres du Comité sont nommés pour trois ans et renouvelés chaque année par tiers; les Membres sortants ne sont pas immédiatement rééligibles.

Les anciens Présidents font de droit partie du Comité.

Des Présidents d'honneur peuvent être créés en Assemblée générale sur la proposition du Comité.

**ART. 6.** — Le Comité veille à l'exécution des décisions de l'Assemblée générale; il a la gestion des fonds; il autorise et organise les conférences, les réunions techniques, les publications, et provoque, au besoin, la formation de Congrès scientifiques; il convoque les Membres de la Société en Assemblée générale extraordinaire, lorsqu'il le juge nécessaire.

Le Comité se réunit tous les trimestres et peut être convoqué en séance exceptionnelle, soit par le Président, soit sur la demande de dix de ses Membres.

La présence de quinze Membres du Comité est nécessaire pour assurer la validité des délibérations.

**ART. 7.** — Les délibérations relatives à l'acceptation des dons et legs, aux acquisitions et échanges d'immeubles sont soumises à l'approbation du Gouvernement.

**ART. 8.** — Les délibérations relatives aux aliénations, constitutions d'hypothèques, baux à longs termes et emprunts, ne sont valables qu'après l'approbation de l'Assemblée générale.

**ART. 9.** — Le Trésorier représente la Société en justice et dans tous les actes de la vie civile.

**ART. 10.** — Une Assemblée générale ordinaire des Membres de la Société a lieu, une fois par an, dans les conditions déterminées par le Règlement intérieur.

L'Assemblée générale est présidée par le Président ou l'un des Vice-Présidents.

Son ordre du jour est réglé par le Comité.

Elle entend le Rapport du Comité sur sa gestion; elle approuve les comptes de l'exercice clos, sur le Rapport de trois Membres élus au scrutin, en dehors du Comité, et dans les formes prescrites au Règlement intérieur; elle pourvoit au renouvellement des Membres du Comité.

Tous les Membres de la Société sont appelés à prendre part aux élections, soit par le dépôt direct de leurs votes dans l'Assemblée générale, soit par correspondance.

**ART. 11.** — Les séances ordinaires de la Société ont lieu sur la convocation du Président.

Des sessions générales des Membres français et étrangers de la Société peuvent être provoquées et organisées par le Comité.



**ART. 12.** — Le fonds social de la Société internationale des Électriciens se compose :

- 1° Des sommes versées par les donateurs ;
- 2° Des sommes provenant des rachats des cotisations annuelles ;
- 3° Des dons et legs sans destination spéciale.

Les sommes composant le fonds social ne peuvent être employées qu'en immeubles, en rentes nominatives sur l'État français ou en obligations nominatives de chemins de fer français garantis par l'État.

Les fonds disponibles se composent :

- 1° Des intérêts de placement du fonds social, et du revenu des biens et valeurs de toute nature ;
- 2° Des cotisations annuelles ;
- 3° Des dons ou legs faits à la Société pour un objet immédiat et déterminé ;
- 4° Des subventions qui pourraient lui être accordées ;
- 5° Du produit des ressources exceptionnelles provenant des Conférences, des vérifications d'instruments, etc.

Les dons ou legs ne peuvent être acceptés par la Société qu'après autorisation du Gouvernement.

**ART. 13.** — Les Statuts de la Société ne peuvent être modifiés que par décision d'une Assemblée générale extraordinaire, sur une question motivée, signée par vingt-cinq Membres et préalablement soumise au Comité.

L'Assemblée générale extraordinaire, convoquée à cet effet à un mois de date, devra réunir cent Membres au moins présents ou représentés. Si l'Assemblée ne réunit pas cent Membres, une nouvelle convocation est faite à un mois de date, et le vote est alors valable, quel que soit le nombre des Membres présents ou représentés.

Les décisions sont prises à la majorité des deux tiers des Membres présents ou représentés et sont soumises à l'approbation du Gouvernement.

**ART. 14.** — La question de dissolution ne pourra être soulevée que par une demande motivée portant la signature de cinquante Membres au moins. Cette demande sera soumise au Comité qui en fera l'objet d'un rapport à une Assemblée générale extraordinaire convoquée spécialement à cet effet.

Les résolutions sont prises à la majorité des deux tiers des Membres présents ou représentés et soumises à l'approbation du Gouvernement.

**ART. 15.** — En cas de dissolution, l'actif de la Société est attribué, par délibération de l'Assemblée générale, approuvée par le Gouvernement, à un ou plusieurs établissements analogues et reconnus d'utilité publique. Les clauses stipulées par les donateurs, en prévision de ce cas, devront être respectées.

**ART. 16.** — Un Règlement intérieur, préparé par le Comité, adopté par l'Assemblée générale et dûment approuvé, détermine les conditions de détail propres à assurer l'exécution des présents Statuts.



---

## RÈGLEMENT INTÉRIEUR D'ADMINISTRATION.

---

### I. — Cotisations.

1. La cotisation annuelle est de 25 francs (art. 4 des Statuts).
2. Elle est due par tous les Membres, sauf les Membres honoraires.
3. Le paiement de la première cotisation doit être effectué par chaque Membre nouveau, immédiatement après son admission. La cotisation de l'année en cours est due, quelle que soit la date de l'admission.
4. Le paiement des cotisations suivantes devra être effectué du 1<sup>er</sup> janvier au 30 juin.
5. Les quittances seront détachées d'un registre à souche et signées du trésorier.
6. En cas de non-paiement d'une cotisation échue et réclamée, l'envoi des publications est suspendu.
7. Tout Membre en retard de deux années pour le paiement de ses cotisations sera, après un dernier avertissement, considéré comme ne faisant plus partie de la Société.
8. Toute démission donnée ne sera valable qu'après acquittement des cotisations dues; sinon la radiation sera prononcée.

ART. 9. — Les Membres peuvent se libérer de toute cotisation moyennant le paiement d'une somme de 360 francs, effectué soit en un versement, soit en deux versements annuels de 180 francs, pendant deux années consécutives, soit en trois versements annuels de 120 francs, pendant trois années consécutives.

Dans le cas où ils cesseraient de faire partie de la Société avant le versement de la totalité des annuités précédemment indiquées, les versements effectués demeureraient acquis à la Société.

### II. — Elections.

10. Les élections pour le renouvellement du Bureau et du Comité ont lieu tous les ans, lors de la réunion de l'Assemblée générale ordinaire.
11. Tous les Membres de la Société sont appelés à prendre part aux élections, soit par le dépôt direct de leur vote, soit par correspondance.
12. Les votes par correspondance devront être parvenus au siège de la Société la veille, au plus tard, de la réunion de l'Assemblée générale ordinaire. Le bulletin de vote devra être fermé et accompagné d'une lettre d'envoi signée de l'expéditeur et adressée au Président de la Société.
13. Les bulletins détachés des lettres d'envoi seront joints aux bulletins déposés directement par les Membres présents à l'Assemblée générale. Le dépouillement aura lieu séance tenante, sous la surveillance de deux Membres du Bureau. Le résultat sera proclamé immédiatement.
14. Le Comité se réunit en temps utile pour discuter les titres des candidats et fait connaître les noms qu'il propose au choix de la Société dans la réunion mensuelle qui précède l'Assemblée générale.

15. Le Président, le Secrétaire général et le Trésorier ne peuvent être pris que parmi les Membres nationaux ayant leur résidence à Paris.

### III. — Assemblées générales.

16. L'Assemblée générale ordinaire a lieu tous les ans, au mois de mars ou d'avril.

17. L'Assemblée générale procède à l'élection des Membres du Bureau, du Comité et de la Commission des comptes. Le Président est nommé une année à l'avance; il prend part aux travaux du Bureau en fonction.

Elle entend le Rapport fait, au nom du Comité, sur la gestion de l'année;

Elle entend le Rapport de la Commission des comptes et approuve les comptes de l'année;

Elle vote sur les questions d'intérêt général ou de règlement intérieur portées à son ordre du jour.

18. Les décisions sont prises à la majorité relative; en cas de partage des voix, la voix du Président est prépondérante.

19. L'ordre du jour de l'Assemblée générale est arrêté par le Comité. Aucune question en dehors de cet ordre du jour ne peut être introduite devant l'Assemblée générale.

20. Les membres de la Société qui désireraient faire porter une proposition à l'ordre du jour de l'Assemblée générale doivent en envoyer le texte, avant le 1<sup>er</sup> mars, au Président, qui en donne communication au Comité.

21. Les Rapports du Comité d'administration, de la Commission des comptes, ainsi que l'ordre du jour de l'Assemblée générale arrêté par le Comité, sont déposés au secrétariat dix jours au moins avant la réunion de l'Assemblée générale, à la disposition de tous les Membres qui désireraient en prendre connaissance.

22. Une Assemblée générale extraordinaire peut être convoquée par le Comité toutes les fois qu'il le juge nécessaire.

L'Assemblée générale extraordinaire est convoquée dans la même forme et délibère sous les mêmes conditions que l'Assemblée générale ordinaire, conditions réglées par les articles 10 et 13 des Statuts et l'article 19 du présent Règlement.

### IV. — Comité.

23. Les attributions du Comité sont réglées par l'article 6 des Statuts.

24. Les procès-verbaux des séances du Comité sont transcrits sur un registre spécial folioté. Après son adoption, chaque procès-verbal est revêtu de la signature du Président et du Secrétaire-rédacteur.

25. L'ordre du jour des séances du Comité est indiqué dans les lettres de convocation.

### V. — Bureau.

26. Le Président préside toutes les réunions de la Société et du Comité.

Il est Président de droit de toutes les Commissions.

27. Le Secrétaire général organise les séances de la Société, prépare les travaux du Comité, dirige les publications. Les dépenses sont mandatées par lui. Il a sous ses ordres, par délégation du Président, les agents rétribués de la Société.

28. Le Trésorier est l'agent délégué du Comité d'administration pour la gestion financière.

Il effectue les recettes et dépenses, les mouvements de fonds, achats et ventes de titres et représente la Société en justice et dans tous les actes de la vie civile, le tout en se conformant aux décisions prises par le Comité.

Lorsqu'il est, pour une cause quelconque, empêché de remplir ses fonctions, le Comité désigne un Trésorier suppléant qui est chargé du service jusqu'à la réunion de l'Assemblée ordinaire.

**29.** Le Comité nomme un secrétaire pris hors de son sein et appointé.

Le secrétaire du Comité rédige les procès-verbaux de l'Assemblée générale, des réunions mensuelles du Comité et des Commissions et veille à la transcription, sur les registres spéciaux, des procès-verbaux approuvés.

Il a la garde des archives et de la bibliothèque.

Il surveille les impressions, l'envoi des convocations, la distribution des bulletins.

Il prête son concours au Trésorier pour la perception des cotisations et le paiement des factures, des loyers et des traitements.

#### **VI. — Réunions ordinaires.**

**30.** Les réunions ordinaires ont lieu le premier mercredi de chaque mois, les mois d'août, de septembre et d'octobre exceptés.

Elles sont principalement consacrées aux Communications relatives à l'Électricité, présentées soit par des Membres de la Société, soit par des personnes étrangères autorisées.

L'ordre du jour de la séance est réglé par le Bureau.

**31.** Il y est voté à mains levées sur l'admission des Membres nouveaux.

**32.** Le Président y rend compte des travaux et des décisions du Comité, et, en général, de toutes les questions pouvant intéresser la Société.

**33.** Tout Membre désirant faire une proposition doit en remettre le texte par écrit au Président, autant que possible avant la séance.

Si, de l'avis du Bureau, la motion est de nature à engager la responsabilité morale ou financière de la Société, elle est renvoyée de droit au Comité sans qu'elle puisse donner lieu à une discussion dans la réunion.

#### **VII. — Bulletin.**

**34.** Un Bulletin, mensuel, rend compte des travaux de la Société et donne un résumé des Communications faites en séance.

Le Bureau prononce sur l'admission de ces résumés et sur l'étendue qui peut leur être accordée.

**35.** Le Bulletin est envoyé gratuitement à tous les Membres.

**36.** Des abonnements peuvent être consentis à un prix fixé par le Comité.

**37.** Les échanges de publications doivent être autorisés par le Comité.

#### **VIII. — Laboratoire central d'Électricité.**

**38.** Le Laboratoire central d'Électricité a pour objet de :

- 1° Réunir et conserver une série d'étalons de toutes les grandeurs électriques;
- 2° Former une bibliothèque aussi complète que possible des ouvrages français et étrangers traitant d'Électricité;

- 3° Étalonner des appareils de mesure appartenant à des tiers;
- 4° Déterminer les constantes d'appareils électriques industriels : piles, accumulateurs, dynamos, lampes, etc.;
- 5° Étudier des appareils nouveaux ou des méthodes nouvelles ayant trait à l'Électricité;
- 6° Faciliter des études et des recherches personnelles sur le même sujet.

39. Le Laboratoire est administré, conformément aux traités passés avec l'État et la Ville de Paris, par une Commission composée du Bureau, des anciens présidents de la Société, du président du Syndicat des industries électriques et d'un Délégué du Conseil municipal de la Ville de Paris. Cette Commission se réunit périodiquement au Laboratoire et au moins quatre fois par an.

40. Un électricien est chargé de la direction du Laboratoire; il lui est adjoint le personnel reconnu nécessaire. Le Directeur assiste, avec voix consultative, aux séances de la Commission administrative.

41. Les travaux effectués au Laboratoire pour des tiers donnent lieu à des redevances déterminées.

Le tarif des redevances est arrêté par la Commission.

Les taxes perçues et tous les produits des opérations du Laboratoire restent acquis à la Société internationale des Électriciens, pour être consacrés à l'entretien, au développement et à l'amélioration du Laboratoire.

42. Le Directeur soumet à l'approbation de la Commission les projets d'études ou d'expériences à entreprendre en dehors des travaux visés à l'article précédent.

43. Le Laboratoire est ouvert, après autorisation de la Commission, aux personnes qui désirent effectuer elles-mêmes des recherches concernant l'Électricité ou le Magnétisme. En cas d'admission au Laboratoire, l'intéressé versera mensuellement une redevance fixe, et il remboursera à la Société tous les frais entraînés par ses recherches.

44. Des élèves sont admis au Laboratoire pour un temps déterminé, en vue de s'exercer au maniement des appareils électriques.

Le nombre des élèves, les conditions de leur admission et la durée de leur séjour seront fixés par la Commission.

45. La bibliothèque est confiée au Directeur du Laboratoire. Les livres doivent être consultés sur place et ne peuvent en aucun cas sortir du Laboratoire.

46. Les ressources du Laboratoire se composent :

- 1° De la rente provenant du reliquat de l'Exposition internationale d'Électricité de 1881;
- 2° Des dons qui sont faits à la Société avec affectation spéciale au Laboratoire;
- 3° Des recettes qu'il effectue;
- 4° Du crédit ouvert chaque année par la Société.

47. La Commission présente chaque année au Comité d'administration de la Société un compte rendu des travaux et des finances du Laboratoire avec un inventaire du matériel.

48. Toutes les conditions d'ordre intérieur du Laboratoire, arrêtées par la Commission, seront publiées au *Bulletin* de la Société, affichées au siège social et au Laboratoire, et communiquées à toutes les personnes qui en feront la demande.

---

## LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

---

### Emplacement du Laboratoire.

---

Par une délibération en date du 5 mai 1890, le Conseil municipal de Paris concédait, à la Société internationale des Électriciens, un terrain de 2715<sup>m²</sup> situé rue Lhomond. Le 13 avril 1892, une nouvelle délibération autorisait l'échange du terrain ci-dessus contre un autre terrain, situé rue de Staël et ayant une surface de 1500<sup>m²</sup> environ.

La cession de ce terrain fut réalisée par un arrêté préfectoral du 14 mars 1894, aux conditions suivantes : la durée de la concession est de 60 années, du 4 juin 1892 au 3 juin 1952. La redevance annuelle à payer par la Société est de 1<sup>re</sup> par an; de plus, une somme de 5000<sup>fr</sup>, divisée en cinq annuités de 1000<sup>fr</sup>, devait être payée depuis 1897 jusqu'à 1901. La Société s'engageait à maintenir le Laboratoire sur ce terrain et, à l'expiration des 60 années, les constructions, le terrain et les accroissements immobiliers feraient retour à la Ville de Paris.

Les essais et étalonnements demandés par la Ville de Paris, pour son service, doivent être faits gratuitement par le Laboratoire.

Deux bourses d'élèves au Laboratoire sont réservées aux personnes désignées par la Ville.

Un délégué du Conseil municipal fait partie du Comité de direction du Laboratoire.

La Société s'engage à entretenir les bâtiments en bon état et à les faire reconstruire s'il y a lieu.

Des agrandissements étant devenus nécessaires, le Conseil municipal accordait, par délibérations du 13 décembre 1901 et du 26 mars 1902, le terrain contigu à celui déjà occupé par le Laboratoire et rendu libre par le départ des ambulances municipales.

Cette nouvelle concession, réalisée par arrêté du 14 janvier 1904, a une durée de 60 années, du 7 novembre 1903 au 7 novembre 1963; elle proroge les concessions antérieures, de sorte que tous les terrains occupés par la Société feront retour en même temps à la Ville <sup>(1)</sup>.

---

(1) Les textes des divers arrêtés relatifs à ces concessions se trouvent dans le *Bulletin* des années correspondantes, et ils ont été reproduits dans les *Annuaire*s de la Société jusqu'en 1906.

**I. — DÉCRETS, CONVENTION ET ACTES DIVERS**  
**RELATIFS AU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.**

---

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

**DÉCRET.**

**Le Président de la République Française,**  
**Sur le Rapport du Ministre des Postes et des Télégraphes,**

**DÉCRÈTE :**

**ART. 1<sup>er</sup>.** — Il est institué à Paris, sous la haute direction du Ministre des Postes et des Télégraphes, un laboratoire central d'électricité.

**ART. 2.** — La somme de 325000<sup>fr</sup>, dès à présent disponible, sur les bénéfices de l'Exposition Internationale d'Électricité, est consacrée à l'organisation de ce laboratoire.

**ART. 3.** — Un arrêté ministériel réglera l'organisation et les conditions du fonctionnement du laboratoire.

**ART. 4.** — Le Ministre des Postes et des Télégraphes est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 24 février 1882.

**JULES GRÉVY.**

Par le Président de la République :

*Le Ministre des Postes et des Télégraphes,*

**AD. COCHERY.**

---

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

**DÉCRET.**

**Le Président de la République,**

**Vu le Décret du 24 février 1882, instituant à Paris un Laboratoire central d'Électricité sous la haute direction du Ministre des Postes et des Télégraphes;**

**Vu les Décrets des 12 juillet et 17 août 1886 réglant l'emploi des fonds affectés à l'installation et à l'entretien de cet établissement;**

**Vu la Convention conclue pour l'organisation et l'entretien dudit Laboratoire avec la Société internationale des Électriciens reconnue d'utilité publique par le Décret du 7 décembre 1886;**

**S.**

Vu la lettre en date du 13 février 1891 par laquelle le **Ministre des Finances** adhère à cette Convention ;

Sur la proposition du **Ministre du Commerce et de l'Industrie**,

**DÉCRÈTE :**

**ART. 1<sup>er</sup>.** — Est approuvée la Convention susvisée dont un exemplaire restera annexé au présent Décret et qui fixe les conditions d'organisation et d'entretien du Laboratoire central d'Électricité institué à Paris par Décret du 23 février 1882.

**ART. 2.** — Les arrrages de la rente de 10933<sup>fr</sup>, inscrite au bénéfice du Laboratoire central d'Électricité, en vertu du Décret du 17 août 1886, seront versés directement par la Caisse des Dépôts et Consignations à titre de subvention, par trimestre échu, à la Société internationale des Électriciens, après déduction des prélèvements à opérer par application de l'article 8 de la Convention et sur le vu d'un certificat du Directeur général des Postes et des Télégraphes, ou de son représentant, constatant que ladite Société a rempli ses engagements en ce qui concerne le fonctionnement et l'entretien du Laboratoire.

**ART. 3.** — Dans le cas où la Société internationale des Électriciens ferait agréer un nouvel emplacement propre à l'installation du Laboratoire et dont la jouissance lui serait garantie pour une durée suffisante, le **Ministre du Commerce et de l'Industrie** pourrait, de concert avec le **Ministre des Finances**, autoriser l'aliénation d'une partie de la rente mentionnée à l'article précédent, jusqu'à concurrence d'un capital de 100000<sup>fr</sup> au plus et faire verser ce capital à la Société, soit en totalité, soit par fractions, au fur et à mesure des besoins, pour être employé à la réinstallation du Laboratoire. La subvention annuelle de 10933<sup>fr</sup> serait alors réduite d'une somme équivalente au montant de la rente aliénée.

**ART. 4.** — L'inventaire du matériel et des instruments laissés à la disposition de la Société, en vertu de l'article 6 de la Convention, sera soumis chaque année à l'examen de la Commission chargée de la vérification des comptes des Ministères.

**ART. 5.** — Le **Ministre du Commerce et de l'Industrie** est chargé de l'exécution du présent Décret.

Fait à Paris, le 15 mars 1892.

**CARNOT.**

Par le Président de la République :

*Le Ministre du Commerce et de l'Industrie,*

**JULES ROCHE.**

---



## CONVENTION.

Entre le Directeur général des Postes et des Télégraphes, agissant au nom de l'État, sous réserve de l'approbation du Ministre du Commerce, de l'Industrie et des Colonies, d'une part ;

Et le Président de la Société internationale des Électriciens, agissant au nom de cette Société, reconnue d'utilité publique par Décret du 7 décembre 1886, sous réserve de l'approbation du Comité d'Administration, d'autre part ;

Il a été convenu ce qui suit :

### ARTICLE 1<sup>er</sup>.

L'État accepte l'offre faite par la Société internationale des Électriciens d'organiser et d'entretenir le Laboratoire central d'Électricité qui a été institué à Paris, sous la haute direction du Ministre chargé du Service des Postes et des Télégraphes, par décret du 24 février 1882.

La Société se conformera pour l'organisation et l'entretien de cet établissement aux dispositions ci-après :

### ARTICLE 2.

*Règlement et tarifs.* — Le règlement du Laboratoire et toutes les modifications qui y seraient apportées seront soumis avant exécution à l'approbation du Ministre.

Le tarif applicable aux services rendus au public ou aux essais faits pour le compte des industriels est le même pour tous sans distinction ni préférence. Toutefois des réductions peuvent être consenties en faveur des divers services publics ou municipaux et des établissements ou institutions scientifiques, reconnus d'utilité publique.

Le mode de contrôle des opérations du Laboratoire est fixé par arrêté ministériel, le Comité d'Administration de la Société entendu.

### ARTICLE 3.

*Local et installation.* — Le local affecté à l'établissement du Laboratoire est, par les soins et aux frais de la Société internationale des Électriciens, fourni ou loué, aménagé et pourvu de tous instruments nécessaires pour le fonctionnement du service.

En cas de déplacement du Laboratoire, le nouveau local choisi par la Société doit être agréé par le Ministre.

### ARTICLE 4.

*Désignation du chef du Laboratoire.* — Le chef du Laboratoire est choisi par le Ministre pour une période de cinq ans, après entente avec la

Société internationale des Électriciens. Il doit être de nationalité française.

ARTICLE 5.

*Subvention.* — L'État concède à la Société, à titre de subvention et pour être exclusivement affectés au fonctionnement et à l'entretien du Laboratoire central d'Électricité, les arrérages, montant annuellement à dix mille neuf cent trente-trois francs, de l'inscription de rente 3 pour 100 acquise le 30 septembre 1886, en vertu du décret du 17 août précédent, avec le reliquat du capital provenant de l'Exposition internationale d'Électricité de 1881 et cédé par la Société de garantie.

Cette subvention sera versée directement par la Caisse des Dépôts et Consignations, par trimestre échu, à la Société internationale des Électriciens, sur le vu d'un certificat du Directeur général ou de son représentant, constatant qu'elle a rempli ses engagements concernant le fonctionnement et l'entretien du Laboratoire.

ARTICLE 6.

*Cession d'instruments.* — La Société conserve, pour le service du Laboratoire, l'usage des objets de toute nature (meublier, instruments, etc.), dont dispose déjà cet établissement, soit qu'ils lui aient été confiés par l'Administration à titre de prêt, soit qu'ils aient été achetés avec la somme de trente mille francs que le décret du 12 juillet 1886 a autorisé à prélever sur les bénéfices de l'Exposition de 1881, ou avec les crédits inscrits au budget de la Direction générale des Postes et des Télégraphes.

Un inventaire de ces objets sera régulièrement établi par le chef du Laboratoire, de concert avec un agent de l'Administration des Postes et des Télégraphes. Il sera révisé annuellement et soumis chaque année à l'examen de la Commission chargée de la vérification des comptes des Ministres.

ARTICLE 7.

*Produits du Laboratoire.* — Les taxes perçues et tous les produits des opérations du Laboratoire restent acquis à la Société internationale des Électriciens, pour être consacrés à l'entretien, au développement et à l'amélioration de l'Établissement.

ARTICLE 8.

*Payement des dépenses.* — En échange des avantages que lui assurent les articles précédents, la Société internationale des Électriciens s'engage à pourvoir directement à toutes les dépenses (administration, personnel et entretien) du Laboratoire.

Dans le cas où le chef du Laboratoire serait un agent de l'Administration, son traitement serait prélevé, jusqu'à concurrence de quatre mille francs au plus, sur la subvention mentionnée à l'article 5.

ARTICLE 9.

*Budget et dispositions particulières.* — Le budget du Laboratoire est soumis chaque année au Directeur général des Postes et des Télégraphes avant l'ouverture de l'exercice financier.

Un compte rendu des recettes et des dépenses et un relevé statistique des opérations du Laboratoire sont présentés au mois d'avril de chaque année pour l'année précédente.

Les publications ou rapports imprimés concernant le Laboratoire sont remis gratuitement en deux exemplaires à la Direction générale des Postes et des Télégraphes.

Le Directeur général a la faculté, à toute époque, lorsqu'il le juge convenable, de détacher au Laboratoire, pour compléter leur instruction ou faire des essais, des ingénieurs ou des élèves de ce service qui peuvent suivre les opérations du Laboratoire ou y prendre part sans avoir à payer aucune rétribution.

ARTICLE 10.

*Déplacement éventuel du Laboratoire.* — Dans le cas où la Société internationale des Électriciens obtiendrait de la Ville de Paris ou de tout autre la concession, pour une durée suffisante, d'un terrain ou d'un local propre à l'établissement du Laboratoire central d'Électricité et agréé par le Ministre, une partie de la rente sur l'État mentionnée à l'art. 5 pourrait être, avec l'autorisation du Ministre, aliénée jusqu'à concurrence d'un capital de cent mille francs, et ce capital pourrait être employé, soit en totalité, soit par fractions et successivement, au fur et à mesure des besoins, avec l'autorisation du Ministre, à la réinstallation du Laboratoire et au paiement des constructions à élever ou des travaux d'appropriation à exécuter sur le terrain ou dans le local cédé. La subvention annuelle serait alors réduite d'une somme équivalente au montant de la rente aliénée.

ARTICLE 11.

*Cas de résiliation.* — Si la Société internationale des Électriciens venait à se dissoudre ou si elle renonçait à la présente Convention, ou encore si elle cessait d'en remplir les conditions, elle serait tenue de rembourser à l'État les sommes qu'elle aurait été autorisée, par application de l'art. 10, à prélever en capital sur le produit net de l'Exposition, déduction faite de 5 pour 100 pour chacune des années écoulées à dater du paiement effectif des différentes parties du capital.

Dans les cas prévus au précédent paragraphe, la présente Convention serait résiliée de plein droit, la subvention cesserait d'être payée et l'État reprendrait le matériel et les instruments dont il a été question à l'art. 6 et tous ceux qui auraient été achetés postérieurement avec ses propres ressources.

ARTICLE 12.

La présente Convention ne sera valable et définitive que lorsqu'elle aura été approuvée par décret du Président de la République.

Fait double à Paris, le 18 novembre 1891.

*Le Directeur général  
des Postes et des Télégraphes,*

J. DE SELVES.

*Le Président de la Société internationale  
des Électriciens,*

J. JOUBERT.

*Approuvé :*

Paris, le 15 mars 1892.

*Le Ministre du Commerce et de l'Industrie,*

J. ROCHE.

---

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

DÉCRET.

Le Président de la République Française,

Vu la Convention passée le 18 novembre 1891 avec la Société internationale des Électriciens pour l'organisation et l'entretien, à Paris, d'un Laboratoire central d'Électricité;

Vu le Décret du 15 mars 1892 approuvant ladite convention;

Vu la Loi de Finances du 31 décembre 1907 (Article 33), appliquant aux produits des legs et donations attribués à l'État ou aux Administrations qui en dépendent, les stipulations de l'article 13 de la loi du 13 juin 1843 et de l'article 52 du décret du 31 mai 1862;

Vu l'avenant à la Convention du 18 novembre 1891 passé avec la Société internationale des Électriciens le 13 décembre 1908;

Sur la proposition du Ministre des Travaux Publics, des Postes et des Télégraphes,

DÉCRETE :

ART. 1<sup>er</sup>. — L'article 2 du Décret du 15 mars 1892 susvisé est modifié ainsi qu'il suit :

« Les arrérages, montant annuellement à sept mille neuf cent trois francs, de l'inscription de rente 3 pour 100, inscrite au bénéfice du Laboratoire central d'Électricité, en vertu du Décret du 17 août 1886 et qui a été aliénée jusqu'à concurrence d'un capital de 100000<sup>fr</sup>, suivant autorisation résultant d'une décision ministérielle du 8 mars 1892 et par application de l'article 3 du Décret du 15 mars 1892, seront rattachés par Décrets au budget du Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes,

ordonnancés par ce Ministère au profit de la Société internationale des Électriciens, lorsqu'elle en fera la demande, et versés entre ses mains par la Caisse centrale du Trésor.

**ART. 2.** — Est approuvé l'avenant passé avec la Société internationale des Électriciens le 13 décembre 1908, modifiant, conformément aux dispositions qui précèdent, l'article 3 et supprimant l'article 10 de la Convention conclue avec ladite Société le 18 novembre 1891.

**ART. 3.** — L'article 3 du Décret du 15 mars 1892 est supprimé.

Fait à Paris, le 14 janvier 1909.

**A. FALLIÈRES.**

Par le Président de la République :

*Le Ministre des Travaux publics,  
des Postes et des Télégraphes,*

**LOUIS BARTHOU.**

---

### CONVENTION.

Entre le Sous-Secrétaire d'État des Postes et des Télégraphes, agissant au nom de l'État, sous réserve de l'approbation du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, d'une part;

Et le Président de la Société internationale des Électriciens, agissant au nom de cette Société, reconnue d'utilité publique par Décret du 7 décembre 1886, sous réserve de l'approbation du Conseil d'Administration, d'autre part;

Il a été convenu ce qui suit :

1<sup>o</sup> L'article 5 de la Convention passée entre l'État et la Société internationale des Électriciens, le 18 novembre 1891, est modifié ainsi qu'il suit :

#### ARTICLE 5.

» *Subvention.* — L'État concède à la Société, à titre de subvention et pour être exclusivement affectés au fonctionnement et à l'entretien du Laboratoire central d'Électricité, les arrérages, montant annuellement à *sept mille neuf cent trois francs*, de l'inscription de rente 3 pour 100, acquise le 30 septembre 1886, en vertu du Décret du 17 août précédent et qui a été aliénée jusqu'à concurrence d'un capital de 100000<sup>fr</sup>, suivant autorisation résultant d'une décision ministérielle du 8 mars 1893, par application de l'ancien article 10 de la présente Convention.

» Le montant de ces arrérages, rattaché par Décrets au budget du Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, en vertu de l'article 33 de la Loi des Finances du 31 décembre 1907, sera ordonnancé

par cette Administration au profit de la Société internationale des Électriciens lorsqu'elle en fera la demande et versé entre ses mains par la Caisse centrale du Trésor. »

2° L'article 10 de ladite Convention est supprimé.

Fait double à Paris, le 13 décembre 1908.

*Le Sous-Secrétaire d'État,*

**SYMIAN.**

*Le Président de la Société internationale  
des Électriciens,*

**P. BOUCHEROT.**

Approuvé :

Paris, le 9 janvier 1909.

*Le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes,*

**LOUIS BARTHOU**

---

## **II. — RÈGLEMENT DE CONTROLE.**

*Arrêté ministériel du 12 mai 1893.*

### **ARTICLE 1<sup>er</sup>.**

Le contrôle des opérations du Laboratoire est effectué par les fonctionnaires désignés par le Directeur général des Postes et des Télégraphes. Il s'exerce sur place et au siège de la Société internationale des Électriciens, sur le vu des registres et pièces de recettes et de dépenses.

### **ARTICLE 2.**

Les livres-journaux et les relevés mensuels sont arrêtés par semestre. Il en est fait un extrait qui est remis à l'Administration des Postes et des Télégraphes ou à son délégué.

### **ARTICLE 3.**

Les délégués de l'Administration ont pour mission de donner leur avis sur le budget et les projets soumis à l'approbation du Ministre et du Directeur général des Postes et des Télégraphes, de veiller à la stricte application des tarifs et des décisions concernant les dépenses, de s'assurer que tous les produits du Laboratoire sont affectés à l'entretien et à l'amélioration des services de l'établissement, et que toutes les prescriptions de la Convention conclue entre le Ministre du Commerce et de l'Industrie et la Société internationale des Électriciens et du Règlement intérieur du Laboratoire sont observées.

En cas d'infraction, ils en rendent compte au Directeur général des Postes et des Télégraphes.

Ils peuvent en tous temps vérifier la régularité des recettes et des dépenses, et

pénétrer dans le Laboratoire, pour examiner la nature des travaux exécutés ou en cours d'exécution.

Ils peuvent provoquer, dans le Règlement intérieur et dans la comptabilité, les modifications et additions qu'ils auraient reconnues nécessaires.

Ces fonctionnaires ne communiquent qu'avec la Commission administrative ou le Directeur et n'ont aucune autorité sur le personnel du Laboratoire.

Ils adressent leurs Rapports au Directeur général des Postes et des Télégraphes et établissent trimestriellement les certificats exigés pour les paiements de la subvention de l'État.

---

### III. — RÈGLEMENT INTÉRIEUR.

#### Administration.

**ART. 1<sup>er</sup>.** — Le Laboratoire central d'électricité est administré par une Commission composée du Bureau de la Société internationale des Électriciens, des anciens présidents de cette Société, du Président du Syndicat des industries électriques et d'un délégué du Conseil municipal de la Ville de Paris.

La Commission administrative nomme chaque année, à la première séance annuelle, un Président pris dans son sein et un Secrétaire pris parmi les Membres de la Société.

Ses séances sont présidées par le Président de la Société, lorsqu'il est présent.

La Commission est convoquée par son Président qui dresse l'ordre du jour et agit, soit de sa propre initiative, soit sur l'invitation du Président de la Société.

Les procès-verbaux des séances sont copiés sur un registre et signés par le Président et le Secrétaire.

#### Direction.

**ART. 2.** — Le Directeur a sous ses ordres tout le personnel attaché au Laboratoire. Il exécute sous sa responsabilité toutes les décisions prises par la Commission administrative.

Il présente, à chaque réunion de la Commission, un rapport sur les travaux effectués depuis la séance précédente et sur l'état des expériences, essais et recherches en cours d'exécution.

Chaque année, dans le courant de novembre, il soumet à la Commission le résultat des opérations de l'exercice en cours et un projet de budget pour l'exercice suivant.

#### Personnel.

**ART. 3.** — Les chefs de travaux, préparateurs et agents, sont nommés par la Commission sur la proposition du Directeur.

La Commission fixe les indemnités ou traitements alloués à chacun d'eux et détermine leurs attributions.

#### Comptabilité.

**ART. 4.** — La comptabilité est tenue au Siège social, sur les pièces de journal et de caisse fournies par le Directeur.

Les livres employés doivent permettre de se rendre facilement compte si toutes les sommes affectées au service du Laboratoire reçoivent bien leurs destinations.

Le Directeur ne peut engager aucune dépense supérieure à 200<sup>fr</sup> sans l'autorisation de la Commission.

Le paiement des dépenses du Laboratoire est fait à la Caisse de la Société sur le vu d'un mémoire certifié par le fournisseur, visé par le Directeur et signé par le Président de la Commission. Les menues dépenses sont payées par le Directeur et réglées tous les mois à la Caisse de la Société.

Les recettes de toutes natures du Laboratoire sont versées à la Caisse de la Société tous les mois, dans les cinq premiers jours et, dans tous les cas, dès que le total des sommes perçues atteint 1000<sup>fr</sup>. Le versement est appuyé d'un relevé de recettes, jour par jour.

#### **Ouverture et fermeture du Laboratoire.**

ART. 5. — Le Laboratoire est ouvert tous les jours de 9<sup>h</sup> du matin à 6<sup>h</sup> du soir. est fermé les dimanches et jours fériés.

#### **Bibliothèque.**

ART. 6. — Les Ouvrages composant la bibliothèque du Laboratoire peuvent être consultés, sur place, par les Membres de la Société internationale des Électriciens et par les personnes ayant reçu une autorisation spéciale du Président de la Commission administrative.

Ces Ouvrages, placés sous la haute surveillance du Directeur, ne pourront, en aucun cas, sortir du Laboratoire.

#### **Redevances.**

ART. 7. — Les travaux effectués au Laboratoire pour le compte des tiers, ou par des tiers, donnent lieu à des redevances déterminées.

Le tarif de ces redevances sera arrêté par la Commission, affiché à l'entrée du Laboratoire et publié dans le Bulletin de la Société.

*Le montant des taxes, applicable à chaque travail, est exigible d'avance.*

#### **Travaux effectués pour le compte des tiers.**

ART. 8. — Dès qu'un appareil ou un objet à expérimenter ou à étalonner est apporté au Laboratoire, il est inscrit sur un registre avec numéro d'ordre.

L'essai est fait dans le délai le plus court possible; ses résultats sont attestés par un certificat portant le timbre à dates du Laboratoire et signé par le Directeur. Il est conservé une copie du certificat sur un registre spécial.

Dans le cas où un travail spécial non prévu au tarif serait demandé, le Directeur ferait savoir à l'intéressé si le travail est possible et ce qu'il coûterait approximativement. Le dit travail serait alors effectué *après versement de la somme indiquée* et le règlement définitif n'aurait lieu qu'après exécution.

*Aucune communication verbale ou écrite des résultats d'un essai ou d'une expérience ne peut être faite à d'autres personnes que l'intéressé, à moins d'autorisation écrite de sa part.*



En aucun cas, le Laboratoire n'est responsable des accidents qui pourraient survenir, dans le cours des expériences, aux appareils qui lui ont été confiés.

### **Travaux effectués par des tiers.**

**ART. 9.** — Pour être admis à effectuer des travaux au Laboratoire il faut en adresser la demande au Directeur, avec une note détaillée sur le résultat cherché, les moyens à employer pour l'obtenir, les appareils nécessaires et la durée probable de ces travaux.

Le Directeur transmet la demande au Président de la Commission qui statue, sans avoir à motiver sa décision.

Si les travaux sont autorisés, le Président fixe la durée maximum du séjour du titulaire de la demande au Laboratoire et la redevance qu'il doit payer.

Le titulaire doit s'engager à rembourser tous les frais que nécessiteront ses expériences et *il peut être tenu de verser, à titre de garantie, une provision déterminée.*

A l'expiration du délai qui lui aura été fixé, si le titulaire demande une prolongation, il doit justifier des résultats obtenus et de l'utilité de continuer ses recherches. Le Président de la Commission, sur un rapport du Directeur, statue sur cette nouvelle demande.

Si les recherches faites par les tiers nécessitaient l'acquisition ou l'appropriation de certains outils ou appareils, la Commission peut autoriser le Directeur à payer une partie des frais, à la condition que le matériel acquis reste la propriété du Laboratoire.

### **Conférences et recherches.**

**ART. 10.** La Commission administrative peut autoriser ou provoquer des conférences, des expériences ou des recherches au Laboratoire, sur certaines questions intéressant l'électricité.

Dans ce cas, le Directeur prépare le devis des dépenses à prévoir et les conférences ou expériences ou recherches ne sont faites qu'après ouverture de crédit par la Commission.

### **Élèves.**

**ART. 11.** — Le nombre des élèves à admettre au Laboratoire est fixé par la Commission administrative.

Les candidats doivent adresser une demande au Directeur, en indiquant leur nationalité, en énumérant les titres et diplômes qu'ils possèdent. Leur admission est prononcée par le Président de la Commission, sur l'avis du Directeur.

Les élèves admis doivent payer une redevance mensuelle de 40<sup>fr</sup> payable d'avance.

La Commission du Laboratoire se réserve la faculté d'accorder dans certains cas motivés une réduction de moitié sur la redevance annuelle des élèves.

Leur présence au Laboratoire doit être d'au moins six heures par jour. Ils doivent se soumettre aux ordres du Directeur, ou, en son absence, à ceux des chefs de travaux qui le remplacent.

Ils sont responsables du matériel qui leur est confié.

Les absences non autorisées ou non justifiées et les infractions au règlement donneraient lieu à un premier avertissement.

Pour inexactitude répétée ou pour faute grave, le Directeur peut interdire provisoi-

rement l'entrée du Laboratoire à un élève, sauf à en référer au Président de la Commission qui aurait à se prononcer sur l'exclusion définitive.

Les élèves qui, pendant un séjour d'un an au moins, auront fait preuve d'assiduité et de connaissances pratiques suffisantes dans le maniement des appareils de mesure recevront un diplôme signé par le Président de la Commission administrative et le Directeur du Laboratoire.

---

#### IV. — COMMISSION ADMINISTRATIVE.

##### Président.

BOUTY (E.), Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

##### Secrétaire.

SARTIAUX (EUG.), Ingénieur Chef des Services électriques aux *Chemins de fer du Nord*.

##### Membres.

Les Membres du Bureau de la *Société internationale des Électriciens*.

Les anciens Présidents de la *Société internationale des Électriciens*.

MEYER (MARCEL), Président du *Syndicat professionnel des Industries électriques*.

PUYMAIGRE (DE), Délégué du Conseil municipal de la Ville de Paris.

---

#### V. — PERSONNEL.

##### Directeur du Laboratoire.

1910-1913. JANET (PAUL), Professeur à l'Université de Paris.

##### Sous-Directeur.

LAPORTE (FRÉDÉRIC), ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur civil des Mines.

##### Chefs des Travaux.

DURAND (ALBERT), Licencié ès Sciences physiques, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

JOUAUST (Raymond), Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

BUREAU (H.), Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

GORCE (DE LA), Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

##### Chef du Matériel.

SARRIAU (J.), Breveté de la Section de Radiotélégraphie de l'École supérieure d'Électricité.

---

## TARIF DES ESSAIS ET ÉTALONNEMENTS (1).

Le Laboratoire central d'Electricité se charge de l'étude de tous les appareils électriques, des épreuves de réception de machines et de la vérification d'installations aux conditions suivantes :

### I. — Essais donnant lieu à un certificat

#### PREMIÈRE CATÉGORIE. — *Étalonnements d'appareils industriels de mesure.*

|               |                      |                                |      |
|---------------|----------------------|--------------------------------|------|
| Ampèremètres. | Courant continu      | de 0 à 100 ampères.....        | Fr 5 |
|               |                      | de 100 à 500 — .....           | 10   |
|               |                      | de 500 à 1000 — .....          | 20   |
|               |                      | de 1000 à 2000 — .....         | 30   |
|               | Courants alternatifs | de 0 à 100 ampères (42 S)..... | 10   |
|               |                      | de 100 à 500 — .....           | 15   |
|               |                      | de 500 à 1000 — .....          | 25   |
|               |                      | de 1000 à 2000 — .....         | 35   |

Pour les étalonnements à des fréquences différentes de 42 les prix précédents seront majorés de cinq francs.

|                              |                             |                                                         |                                             |
|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Voltmètres<br>électromètres. | Courant continu             | de 0 à 150 volts.....                                   | 5                                           |
|                              |                             | de 150 à 600 — .....                                    | 10                                          |
|                              |                             | de 600 à 1000 — .....                                   | 20                                          |
|                              | Courants alternatifs        | de 0 à 150 volts.....                                   | 10                                          |
|                              |                             | de 150 à 500 — .....                                    | 15                                          |
|                              |                             | de 500 à 1000 — .....                                   | 25                                          |
|                              |                             | de 1000 à 10000 — .....                                 | 40                                          |
|                              |                             | au-dessus de 10000.....                                 | 60                                          |
| Compteurs<br>et wattmètres.  | Courant continu,<br>2 fils, | de 0 à 100 ampères et de 0 à 250 volts.....             | 20                                          |
|                              |                             | de 100 à 1000 ampères et de 0 à 250 volts.....          | 30                                          |
|                              |                             | de 0 à 100 ampères et de 250 à 1000 volts.....          | 30                                          |
|                              |                             | de 100 à 1000 ampères et de 250 à 1000 volts.....       | 40                                          |
|                              |                             | Étude de la marche d'un compteur pendant une heure..... | 40                                          |
|                              |                             | 3 fils.                                                 | Les prix précédents sont majorés de moitié. |
|                              | 5 fils.                     | Les prix précédents sont doublés.                       |                                             |
|                              |                             |                                                         |                                             |

(1) Le présent tarif sera modifié dans le cours de l'année 1914.

|                                     |                                                     |                                                                                                          |    |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|                                     |                                                     |                                                                                                          | Fr |
| Compteurs<br>wattmètres<br>(suite). | Courants alter-<br>natifs<br>(42 S)                 | de 0 à 100 ampères et de 0 à 250<br>volts.....                                                           | 30 |
|                                     |                                                     | de 0 à 100 ampères et de 250 à 1000<br>volts.....                                                        | 40 |
|                                     |                                                     | de 100 à 1000 ampères et de 0 à 1000<br>volts.....                                                       | 50 |
|                                     |                                                     | Pour les étalonnements à des fréquences différentes de 42<br>les prix précédents seront majorés de 5 fr. |    |
|                                     | Courants alter-<br>natifs biphasés ou<br>triphasés. | Les prix des étalonnements sont dou-<br>blés.                                                            |    |
| Ohmmètres.                          | Jusqu'à un mégohm.....                              |                                                                                                          | 15 |
|                                     | Par sensibilité en plus.....                        |                                                                                                          | 5  |
| Condensateurs.                      | Condensateur industriel (capacité).....             |                                                                                                          | 10 |

**DEUXIÈME CATÉGORIE. — Essais d'appareils industriels.**

|                                        |                                                            |                                                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Machines géné-<br>ratrices et moteurs. | Courant continu.                                           | Détermination du rendement par la mé-<br>thode des pertes séparées :                                                                                                         |    |
|                                        |                                                            | de 0 à 5 kilowatts.....                                                                                                                                                      | 30 |
|                                        |                                                            | de 5 à 10 — .....                                                                                                                                                            | 35 |
|                                        |                                                            | de 10 à 15 — .....                                                                                                                                                           | 40 |
|                                        | Courants alter-<br>natifs.                                 | Essai au frein :                                                                                                                                                             |    |
|                                        |                                                            | jusqu'à 1 kilowatt.....                                                                                                                                                      | 25 |
|                                        |                                                            | de 1 à 5 kilowatts.....                                                                                                                                                      | 35 |
| Transformateurs.                       | Mesure de la puis-<br>sance absorbée<br>à vide :           | Essai en charge comprenant la mesure<br>des échauffements et des isolements<br>des diverses parties de la machine<br>au bout d'un temps donné (énergie<br>non comprise)..... | 15 |
|                                        |                                                            | Prix à fixer suivant le programme des<br>essais.                                                                                                                             |    |
|                                        | Essais divers (ren-<br>dement, chute de<br>tension, etc.). | jusqu'à 10 kilowatts.....                                                                                                                                                    | 25 |
|                                        |                                                            | de 10 à 100 kilowatts.....                                                                                                                                                   | 5  |
|                                        |                                                            | Prix à fixer suivant le programme<br>des essais.                                                                                                                             |    |

|                                                         |                                                                                                                                                                         | Fr |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Piles.                                                  | { Essai d'une pile fermée continuellement sur une résistance fixe.....                                                                                                  | 30 |
|                                                         | { Chaque charge mesurée, énergie non comprise.....                                                                                                                      | 10 |
| Accumulateurs.                                          | { Chaque décharge mesurée.....                                                                                                                                          | 10 |
|                                                         | { Chaque charge ou chaque décharge non mesurée, énergie non comprise.....                                                                                               | 5  |
| Lampes<br>à<br>incandescence<br>jusqu'à 220 volts).     | { Puissance dépensée et intensité lumineuse dans une direction donnée et pour une différence de potentiel donnée, pour une lampe.....                                   | 5  |
|                                                         | { Pour 2 à 5 lampes de même tension.....                                                                                                                                | 10 |
|                                                         | { Détermination de la différence de potentiel correspondant à une intensité lumineuse donnée, par lampe.....                                                            | 5  |
|                                                         | { Variation de l'intensité lumineuse avec la tension.....                                                                                                               | 10 |
|                                                         | { Courbe de répartition lumineuse dans un plan .....                                                                                                                    | 20 |
|                                                         | { Essai de durée. { 1° Courant fourni par le Secteur de la Rive gauche : 1,50 fr par kilowatt-heure (alternatif 42 $\sim$ ).                                            |    |
|                                                         | { 2° Courant fourni par des accumulateurs : 2 fr par kilowattheure.                                                                                                     |    |
|                                                         | { Il est demandé pour chaque série d'essais une lampe supplémentaire qui est gardée par le Laboratoire.                                                                 |    |
|                                                         | { Puissance dépensée et intensité lumineuse dans une direction donnée.....                                                                                              | 20 |
|                                                         | { Courbe de répartition lumineuse dans un plan vertical....                                                                                                             | 50 |
| Lampes<br>à<br>arc.                                     | { Détermination du flux lumineux (ou de l'intensité moyenne sphérique) au moyen du lumenmètre pour un arc nu et un régime déterminé.....                                | 20 |
|                                                         | { Par régime supplémentaire .....                                                                                                                                       | 5  |
|                                                         | { Enregistrement, pendant une heure, sur un même graphique, de l'intensité du courant et de la différence de potentiel aux bornes d'une, deux ou trois lampes en série. | 25 |
|                                                         | {                                                                                                                                                                       |    |
| Brûleurs à gaz<br>et sources<br>lumineuses<br>diverses. | { Consommation par heure et intensité lumineuse dans une direction donnée.....                                                                                          | 20 |
|                                                         | { Étalonnement à une intensité lumineuse donnée.....                                                                                                                    | 30 |
|                                                         | { Courbe de répartition lumineuse dans un plan.....                                                                                                                     | 50 |
| Éclairément.                                            | { Mesure de l'éclairément en un point quelconque.....                                                                                                                   | 15 |
|                                                         | { Par point supplémentaire.....                                                                                                                                         | 5  |
| Paratonnerres.                                          | { Vérification d'un paratonnerre, par prise de terre .....                                                                                                              | 20 |
|                                                         | { Mesure de la résistance du réseau, par mesure.....                                                                                                                    | 5  |
|                                                         | { Frais de déplacement non compris.                                                                                                                                     |    |

TROISIÈME CATÉGORIE. — *Essais de matériaux.*

|                              |                                                                                                                                                                                                            | Fr |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Conducteurs.                 | Résistivité à la température ordinaire.....                                                                                                                                                                | 20 |
|                              | Résistivité à la température ordinaire et coefficient de variation avec la température.....                                                                                                                | 35 |
|                              | Résistance d'un conducteur ou d'une bobine de plus d'un ohm à la température ordinaire.....                                                                                                                | 5  |
|                              | Résistance d'un conducteur de moins d'un ohm à la température ordinaire.....                                                                                                                               | 10 |
|                              | Essais mécaniques d'un fil (charge de rupture, allongement, torsion, pliage).....                                                                                                                          | 10 |
| Isolants.                    | Détermination de la résistivité d'un isolant, forme déterminée par le Laboratoire.....                                                                                                                     | 25 |
|                              | Résistance d'isolement d'un isolateur.....                                                                                                                                                                 | 20 |
|                              | Essai de percement d'un isolant ou d'un isolateur à haute tension, jusqu'à 10000 volts.....                                                                                                                | 20 |
|                              | Au-dessus de 10000 volts, par 10000 volts.....                                                                                                                                                             | 10 |
|                              | Essais précédents faits sur plusieurs isolateurs réunis en parallèle; les prix sont majorés d'une somme fixe de 1 fr par isolateur monté sur sa ferrure et de 2 fr par isolateur non monté sur sa ferrure. |    |
| Câbles.                      | Détermination de la résistance d'isolement à la température ordinaire.....                                                                                                                                 | 20 |
|                              | Essai d'un câble maintenu pendant vingt-quatre heures dans l'eau à 24°.....                                                                                                                                | 50 |
| Isolement des installations. | Une seule mesure d'isolement.....                                                                                                                                                                          | 10 |
|                              | Par mesure supplémentaire.....                                                                                                                                                                             | 5  |
|                              | Frais de déplacement non compris.                                                                                                                                                                          |    |
| Charbons.                    | Détermination de la résistance d'un charbon pour arc.....                                                                                                                                                  | 5  |
|                              | Flux lumineux produit par une paire de charbons à un régime déterminé, mesuré au lumenmètre.....                                                                                                           | 20 |
|                              | Usure par heure d'une paire de charbons à un régime déterminé, énergie non comprise.....                                                                                                                   | 5  |
| Fers et tôles.               | Perméabilité d'un échantillon de fer pour une force magnétisante donnée.....                                                                                                                               | 25 |
|                              | Étude du cycle d'aimantation entre deux valeurs données de la force magnétisante.....                                                                                                                      | 50 |
|                              | Essais de tôles à l'hystérésimètre.....                                                                                                                                                                    | 10 |
|                              | Pour tous ces essais, les échantillons doivent avoir les dimensions fixées par le Laboratoire.                                                                                                             |    |

QUATRIÈME CATÉGORIE. — *Mesures de précision.*

|                       |                                                                                                                                                          | Fr  |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Résistances.          | Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près d'une bobine de résistance de plus de $\frac{1}{10}$ d'ohm à la température ordinaire.....                          | 10  |
|                       | Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près d'une caisse de résistance, suivant le nombre des bobines; à partir de.....                                         | 25  |
|                       | Étalonnement à $\frac{1}{10000}$ près d'un étalon de résistance à la température ordinaire.....                                                          | 50  |
|                       | Étalonnement à $\frac{1}{10000}$ près d'un étalon de résistance à zéro et coefficient de variation avec la température.....                              | 100 |
|                       | Résistance d'une barre métallique de moins de $\frac{1}{100}$ d'ohm et coefficient de variation avec la température.....                                 | 50  |
|                       | Résistance à 0° d'un fil métallique de plus de $\frac{1}{100}$ d'ohm et coefficient de variation avec la température.....                                | 25  |
| Force électromotrice. | Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près de la force électromotrice d'un étalon de force électromotrice à la température ordinaire.                          | 10  |
|                       | Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près de la force électromotrice d'un étalon de force électromotrice et coefficient de variation avec la température..... | 100 |
|                       | Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près d'un voltmètre de précision à la température ordinaire.....                                                         | 30  |
| Intensité.            | Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près d'un ampèremètre de précision.                                                                                      | 30  |
| Capacité.             | Capacité d'un condensateur de précision.....                                                                                                             | 25  |
|                       | — subdivisé.....                                                                                                                                         | 50  |
| Induction.            | Coefficient de self-induction d'une bobine sans fer; à partir de.....                                                                                    | 10  |

*Réduction de prix applicable au tarif des essais des quatre premières catégories.*

|      |                                  |             |
|------|----------------------------------|-------------|
| Pour | 5 essais identiques, réduction.. | 20 pour 100 |
| —    | 10                               | — 30 —      |
| —    | 25                               | — 40 —      |
| —    | 50                               | — 50 —      |

CINQUIÈME CATÉGORIE. — *Travaux ou essais non prévus au tarif.*

Pour les travaux ou essais non prévus au tarif ci-dessus, tels que vérification d'installations, épreuves de réception de matériel électrique dans les ateliers de construction, essais sur place, etc., le prix sera établi de gré à gré, d'après le temps et les dépenses nécessaires.

### Essais faits en dehors du Laboratoire.

Le tarif ci-dessus reste applicable, les prix sont majorés :

1° D'une indemnité pour le Laboratoire de 25 fr par jour et par ingénieur, ou de 15 fr par demi-journée ;

2° Des frais de déplacement et de séjour.

Par exception, les étalonnements de compteurs, dans Paris, sont dispensés de l'indemnité prévue ci-dessus, mais non des frais de déplacement.

### II. — Travaux ne donnant pas lieu à un certificat.

Essais faits au Laboratoire par l'intéressé lui-même sans le concours du personnel du Laboratoire

|                                       | Fr. |
|---------------------------------------|-----|
| La journée de huit heures.....        | 15  |
| La demi-journée de quatre heures..... | 10  |
| La semaine.....                       | 50  |
| Le mois.....                          | 150 |

Les fournitures avancées par le Laboratoire sont facturées en sus au prix de revient. L'énergie électrique est comptée à raison de 1,50 fr par kilowattheure.

Le concours du personnel du Laboratoire pourra être obtenu, si les circonstances le permettent, dans les conditions suivantes :

|                                                         |             |
|---------------------------------------------------------|-------------|
| 25 fr par journée pour un agent du personnel technique. |             |
| 10 fr                                                   | auxiliaire. |

### TARIF ADDITIONNEL.

#### 1° VÉRIFICATION DES COMPTEURS ÉLECTRIQUES A COURANT CONTINU OU ALTERNATIF MONOPHASÉ A BASSE TENSION, INSTALLÉS SUR LES SECTEURS DE PARIS.

| Calibre<br>du compteur. | Deux fils. | Trois fils. | Cinq fils. |
|-------------------------|------------|-------------|------------|
| 0- 10 ampères.....      | 10 fr      | 15 fr       | 20 fr      |
| 0- 30 — .....           | 15 —       | 20 —        | 30 —       |
| 0- 100 — .....          | 20 —       | 30 —        | 40 —       |
| 0-1000 — .....          | 30 —       | 45 —        | 60 —       |

|                                                         |             |
|---------------------------------------------------------|-------------|
| Remise pour une deuxième vérification dans l'année..... | 20 pour 100 |
| — — troisième — .....                                   | 30 —        |

Les frais de déplacement (4 fr au maximum), nécessités pour le transport des appareils et des ingénieurs, sont ajoutés aux prix ci-dessus.



## 2° VÉRIFICATION DANS PARIS DE L'ISOLEMENT DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

| Calibre<br>du compteur. | Deux fils. | Trois fils. | Cinq fils. |
|-------------------------|------------|-------------|------------|
| 0- 10 ampères.....      | 15 fr      | 20 fr       | 30 fr      |
| 0- 30 — .....           | 20 —       | 30 —        | 40 —       |
| 0- 50 — .....           | 25 —       | 35 —        | 50 —       |
| 0- 100 — .....          | 30 —       | 45 —        | 60 —       |
| 0- 200 — .....          | 40 —       | 60 —        | 80 —       |
| 0- 400 — .....          | 55 —       | 85 —        | 110 —      |
| 0- 600 — .....          | 75 —       | 110 —       | 150 —      |
| 0- 800 — ... ..         | 100 —      | 150 —       | 200 —      |
| 0-1000 — .....          | 125 —      | 185 —       | 250 —      |

Remise pour une deuxième vérification dans l'année..... 20 pour 100

— — troisième — — ..... 30 —

Les prix ci-dessus ne comprennent pas les frais de déplacement.

*Nota.* — Les mesures d'isolement s'arrêtent au dernier interrupteur bipolaire.

## 3° VÉRIFICATION ANNUELLE D'UN COMPTEUR ET DES ISOLEMENTS.

| Calibre<br>du compteur. | Deux fils. | Trois fils. | Cinq fils. |
|-------------------------|------------|-------------|------------|
| 0- 10 ampères.....      | 20 fr      | »           | »          |
| 0- 30 — .....           | 25 —       | 40 fr       | »          |
| 0- 50 — .....           | 30 —       | 50 —        | 60 fr      |
| 0- 100 — .....          | 40 —       | 60 —        | 80 —       |
| 0- 200 — .....          | 55 —       | 85 —        | 110 —      |
| 0- 400 — .....          | 70 —       | 105 —       | 140 —      |
| 0- 600 — .....          | 90 —       | 130 —       | 180 —      |
| 0- 800 — .....          | 115 —      | 175 —       | 225 —      |
| 0-1000 — .....          | 140 —      | 200 —       | 275 —      |

Remise pour une deuxième vérification dans l'année..... 20 pour 100

— — troisième — — ..... 30 —

Les prix ci-dessus ne comprennent pas les frais de déplacement.

Si l'installation comporte plusieurs compteurs, les prix sont établis de gré à gré.

**4° LAMPES A INCANDESCENCE (TARIF APPLICABLE SEULEMENT AUX ABONNÉS  
DU PARAGRAPHE PRÉCÉDENT; ESSAIS FAITS AU LABORATOIRE).**

*Intensité lumineuse et consommation.*

|                       |                |
|-----------------------|----------------|
| De 1 à 5 lampes ..... | 5 fr           |
| Au-dessus .....       | 1 fr par lampe |

Le montant des essais est exigible d'avance.



---

# ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ.

---

## I. — RÈGLEMENT ADMINISTRATIF (1).

**ART. 1<sup>er</sup>.** — Le budget de l'École supérieure d'Électricité est alimenté :

- 1° Par les souscriptions recueillies pour l'entretien de l'École;
- 2° Par les rétributions des élèves et auditeurs libres.

**ART. 2.** — L'École est administrée par une Commission administrative qui comprend :

- 1° Le Président de la Société internationale des Électriciens;
- 2° Le Président de la Commission administrative du Laboratoire, Président;
- 3° Le Président désigné pour l'exercice suivant, le Trésorier et le Secrétaire général de la Société;
- 4° Les anciens Présidents de la Société;
- 5° Le Secrétaire de la Commission administrative du Laboratoire;
- 6° Trois membres de la Société, élus pour trois ans par le Comité d'administration de la Société internationale des Électriciens;
- 7° Le Directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures;
- 8° Les Membres fondateurs (2);
- 9° Le Directeur de l'École.

**ART. 3.** — La Commission administrative se réunit sur la convocation de son Président aussi souvent qu'il est nécessaire, et au moins trois fois par an.

Elle prépare le budget et le fait approuver par le Comité d'administration de la Société;

Elle ouvre, dans les limites du budget, les crédits nécessaires au fonctionnement de l'École;

Elle se prononce sur toutes les questions relatives à la nomination et au traitement des Professeurs, des Conférenciers titulaires et du personnel;

Elle peut ouvrir des crédits extraordinaires dans la limite des ressources disponibles, sauf ratification par le Comité d'administration de la Société;

---

(1) Ce Règlement a été approuvé par le Comité d'administration dans sa séance du 24 février 1909.

(2) Sont considérés comme Membres fondateurs les Administrations, Sociétés ou particuliers, qui contribueront à l'entretien et au développement de l'École par une souscription annuelle de 1000<sup>fr</sup> ou par une donation de 10000<sup>fr</sup>.

Ces Administrations ou Sociétés sont représentées à la Commission administrative par un délégué.

La Commission administrative peut désigner des Membres fondateurs honoraires.

Elle désigne les Jurys d'examen et fixe le nombre des élèves à recevoir chaque année;

Elle jouit enfin des pouvoirs administratifs les plus étendus.

**ART. 4.** — Il est institué un Conseil de perfectionnement de l'École qui comprend :

1° Les Membres de la Commission administrative;

2° Les anciens Présidents de la Société;

3° Le Sous-Directeur de l'École;

4° Les Professeurs et Conférenciers titulaires;

5° Le Président de la Société Amicale des Ingénieurs de l'École supérieure d'Électricité et deux anciens Élèves, désignés par cette Société parmi les Élèves diplômés sortis depuis moins de cinq ans de l'École, et faisant ou non partie de cette Société.

Le Bureau du Conseil de perfectionnement est celui de la Commission administrative.

**ART. 5.** — Le Conseil de perfectionnement se réunit sur la convocation de son Président au moins deux fois par an.

Il détermine les conditions d'admission, les programmes d'enseignement et de travaux de l'École;

Il fixe les conditions de la collation des diplômes;

Et, en général, il connaît de toutes les questions qui concernent l'enseignement.

---

## II. — COMMISSION ADMINISTRATIVE.

### PRÉSIDENT.

**MM.**

**Bouty**, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

### VICE-PRÉSIDENT.

**Noël**, Directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures.

### SECRÉTAIRE.

**Sartiaux (Eug.)**, Ingénieur Chef des Services électriques au Chemin de fer du Nord.

### MEMBRES.

1° *Membres délégués de la Société internationale des Électriciens.*

**Brylinski**, Président de la Société internationale des Électriciens.

**Poincaré (L.)**, Président de la Société internationale des Électriciens pour 1915-1916.

**Joly (Louis)**, Secrétaire général de la Société internationale des Électriciens.

**Brocq**, Trésorier de la Société internationale des Électriciens.

**Hillairet (A.)**, Ingénieur-constructeur.

**Pollard**, Inspecteur général du Génie maritime.

2° *Anciens Présidents.*

MM.

**Sebert (Général H.),** Membre de l'Institut.

**Carpentier (J.),** Membre de l'Institut.

**Raymond (L.),** Administrateur des Postes et Télégraphes, en retraite.

**Postel-Vinay (A.).**

**Sciama (G.),** Directeur de la *Maison Bréguet.*

**Arsonval (D<sup>r</sup> A. d'),** Membre de l'Institut.

**Picou (R.-V.),** Ingénieur des Arts et Manufactures.

**Violle (J.),** Membre de l'Institut.

**Hillairet (A.),** Ingénieur-constructeur.

**Harlé (E.),** Associé-Gérant de la *Maison Harlé et C<sup>ie</sup>.*

**Pollard (J.),** Inspecteur général du Génie maritime.

**Bouty (E.),** Membre de l'Institut.

**Leblanc (M.),** Ingénieur-conseil.

**Boucherot (P.),** Ingénieur-conseil.

**Bochet (A.),** Ingénieur des Arts et Manufactures.

**Lippmann (G.),** Membre de l'Institut.

**Grosselin (M.),** Ingénieur civil des Mines.

**Berthelot (D.),** Professeur à l'Université de Paris.

3° *Membres fondateurs.*

**Bonaparte (Prince Roland),** Membre de l'Institut.

**Carpentier (J.),** Membre de l'Institut.

**Compagnie continentale Edison.**

**Compagnie française Thomson-Houston.**

**Eiffel,** Ingénieur.

**Harlé et C<sup>ie</sup>.**

**Mascart (Ch.),** ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées.

**Rothschild (baron Edmond de).**

**Société Gramme.**

**Ville de Paris.**

4° *Membres fondateurs honoraires.*

**Picou (R.-V.),** Ingénieur des Arts et Manufactures.

**Violet (L.),** Ingénieur.

5° *Directeur de l'École.*

**Janet (P.),** Professeur à l'Université de Paris, Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité.

---

### III. — CONSEIL DE PERFECTIONNEMENT.

PRÉSIDENT.

**Bouty,** Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

VICE-PRÉSIDENT.

MM.

Noël (P.), Directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures.

SECRÉTAIRE.

Sartiaux (Eug.), Ingénieur Chef des Services électriques au Chemin de fer du Nord.

MEMBRES.

1° *Membres délégués de la Société internationale des Électriciens.*

Brylinski, Président de la Société internationale des Électriciens.

Poincaré (L.), Président de la Société internationale des Électriciens pour 1915-1916.

Joly (Louis), Secrétaire général de la Société internationale des Électriciens.

Brocq, Trésorier de la Société internationale des Électriciens.

Hillairet (A.), Ingénieur-constructeur.

Pollard, Inspecteur général du Génie maritime.

2° *Anciens Présidents.*

Sebert (Général H.), Membre de l'Institut.

Carpentier (J.), Membre de l'Institut.

Raymond (L.), Administrateur des Postes et Télégraphes, en retraite.

Postel-Vinay (A.).

Sciamia (G.), Directeur de la *Maison Bréguet*.

Arsonval (Dr A. d'), Membre de l'Institut.

Picou (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures.

Violle (J.), Membre de l'Institut.

Hillairet (A.), Ingénieur-constructeur.

Harlé (E.), Associé-Gérant de la *Maison Harlé et C<sup>ie</sup>*.

Pollard (J.), Inspecteur général du Génie maritime.

Bouty (E.), Membre de l'Institut.

Leblanc (M.), Ingénieur-conseil.

Boucherot (P.), Ingénieur-conseil.

Bochet (A.), Ingénieur des Arts et Manufactures.

Lippmann (G.), Membre de l'Institut.

Grosselin (M.), Ingénieur civil des Mines.

Berthelot (D.), Professeur à l'Université de Paris.

3° *Membres fondateurs.*

Bonaparte (Prince Roland), Membre de l'Institut.

Carpentier (J.), Membre de l'Institut.

Compagnie continentale Edison.

Compagnie française Thomson-Houston.

Eiffel, Ingénieur.

Harlé et C<sup>ie</sup>.

**MM.**

**Mascart (Ch.)**, ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées.

**Rothschild (baron Edmond de)**..

**Société Gramme.**

**Ville de Paris.**

*4° Membres fondateurs honoraires.*

**Picou (R.-V.)**, Ingénieur des Arts et Manufactures.

**Violet (L.)**, Ingénieur.

*5° Directeur de l'École.*

**Janet (P.)**, Professeur à l'Université de Paris, Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité.

*6° Sous-Directeur de l'École.*

**Chaumat (H.)**, Agrégé des Sciences physiques.

*7° Professeurs et Conférenciers titulaires.*

**Belugou**, Ingénieur principal des Télégraphes.

**Bochet**, Ingénieur des Arts et Manufactures.

**Boucherot**, Ingénieur-conseil.

**Brunswick**, Ingénieur en chef de la *Maison Bréguet*.

**Courtois**, Directeur des constructions électriques à la Société industrielle des Téléphones.

**Grosselin**, Ingénieur civil des Mines.

**Mazen**, Ingénieur en chef aux *Chemins de fer de l'État*.

**Picou**, Ingénieur des Arts et Manufactures.

**Sartiaux (Eug.)**, Ingénieur Chef des Services électriques au *Chemin de fer du Nord*.

**Tainturier**, Ingénieur principal du Service électrique des Chemins de fer de l'État.

**Touanne (de la)**, Ingénieur des Télégraphes.

CONFÉRENCIER HONORAIRE.

**Loppé (F.)**, Ingénieur des Arts et Manufactures.

*8° Délégués de la Société Amicale des Ingénieurs de l'École supérieure d'Électricité.*

**Guery**, Ingénieur à l'*Omnium Lyonnais*, Président de la Société.

**Milon**, Ingénieur à la Compagnie française Thomson-Houston.

**Sternberg**, Ingénieur de la Société l'*Éclairage électrique*.

---

**IV. — SOUSCRIPTEUR.**

---

**Postel-Vinay.**

## V. — PERSONNEL.

**MM.**

**DIRECTEUR.**

**Janet (P.)**, Professeur à l'Université de Paris.

**SOUS-DIRECTEUR.**

**Chaumat (H.)**, Agrégé des Sciences physiques.

**CHEF DE TRAVAUX (Essais de machines).**

**Millien (E.)**, Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

**CHEFS DE TRAVAUX (Mesures).**

**Laurent (Jean)**, Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

**Le Bœuf (Pierre)**, Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

**CHEF D'ATELIER.**

**Constans (A.)**, Ingénieur diplômé des Écoles nationales d'Arts et Métiers, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

---

## VI. — ORGANISATION DE L'ENSEIGNEMENT.

### ADMISSION.

**I. Inscriptions.** — Tout candidat désirant obtenir son admission à l'École supérieure d'Électricité doit s'inscrire au Secrétariat de l'École en faisant connaître : 1° ses nom et prénoms; date et lieu de naissance; nationalité; 2° son adresse, ou, s'il est mineur, l'adresse de ses parents; 3° les études faites pendant les cinq dernières années; 4° les diplômes possédés et les titres divers.

Les pièces à présenter sont : 1° l'acte de naissance; 2° l'autorisation des parents dans le cas où le candidat est mineur; 3° la justification des diplômes et des titres.

Le registre d'inscription est ouvert du 1<sup>er</sup> janvier au 1<sup>er</sup> octobre de chaque année.

**II. Droits d'examens.** — Tout candidat au concours d'entrée doit verser, en s'inscrivant, une somme de 25<sup>fr</sup>. Ce droit est réduit à 15<sup>fr</sup> pour les licenciés ès Sciences et les ingénieurs diplômés de l'École supérieure d'Aéronautique et à 10<sup>fr</sup> pour les ingénieurs diplômés des Écoles d'Arts et Métiers devant subir l'examen restreint prévu ci-après; les candidats à l'admission sur titres sont dispensés de tout droit.

**III. Concours d'entrée.** — L'admission à l'École supérieure d'Électricité, en qualité d'élève régulier, est prononcée à la suite d'un concours d'entrée qui a lieu tous les ans, dans la deuxième quinzaine d'octobre. Toutefois, une session spéciale a lieu dans la première semaine d'octobre pour les



licenciés ès sciences, les Ingénieurs diplômés des Écoles d'Arts et Métiers devant subir les examens restreints prévus ci-après.

**IV. Admissions sur titres.** — Peuvent être dispensés du concours d'entrée, dans les limites des places disponibles et sous les conditions indiquées plus loin, les anciens élèves diplômés des Écoles suivantes : Centrale, Mines de Paris et de Saint-Étienne, Ponts et Chaussées, du Génie maritime; les officiers de la Marine de l'État; les anciens élèves français de l'École Polytechnique; les anciens élèves munis du diplôme d'Ingénieur physicien de l'École municipale de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris; les anciens élèves de l'École centrale Lyonnaise munis du diplôme d'Ingénieur-stagiaire de 1<sup>re</sup> classe; les licenciés ès sciences pourvus des deux certificats de Physique générale et de Mécanique rationnelle ou appliquée; les Ingénieurs diplômés des Écoles nationales d'Arts et Métiers; les Ingénieurs diplômés de l'École supérieure d'aéronautique. Toutefois, les Ingénieurs des Écoles d'Arts et Métiers devront subir une épreuve orale sur les mathématiques <sup>(1)</sup>; les licenciés ès sciences une épreuve de dessin industriel et une épreuve orale sur la résistance des matériaux, la Mécanique appliquée et les notions de Technologie; les Ingénieurs de l'École supérieure d'aéronautique, une épreuve écrite d'Électricité et une épreuve orale sur l'Électricité et les Notions d'électrotechnique et de mesures électriques <sup>(2)</sup>; le tout conformément au programme d'admission <sup>(3)</sup>. Les demandes de dispenses doivent être présentées avant le 1<sup>er</sup> octobre et accompagnées de pièces officielles justifiant les titres présentés, des notes de classement de sortie pour les élèves des Écoles et, généralement, de tous les renseignements de nature à permettre au Conseil d'apprécier les titres des Candidats. Toutes ces pièces sont examinées par un Jury spécial désigné par la Commission administrative et distinct du Jury du Concours.

**V. Élèves étrangers.** — Les élèves étrangers, munis de titres suffisants, peuvent être dispensés du concours d'entrée. La valeur des titres présentés est soumise à l'appréciation du Conseil de perfectionnement après examen par le Jury des admissions sur titres; les candidats qui désirent profiter de cette faveur doivent adresser une demande, avec pièces à l'appui, au Directeur de l'École avant le 1<sup>er</sup> octobre.

**VI. Nombre de places disponibles et limite des dispenses.** — Le nombre total de places disponibles à l'École est fixé chaque année par la Commis-

---

<sup>(1)</sup> Cette épreuve orale se compose de deux interrogations, dont l'une portera sur les applications des Mathématiques à des questions simples de Physique et de Mécanique générale.

<sup>(2)</sup> Les épreuves que doivent subir les ingénieurs diplômés de l'École supérieure d'Aéronautique auront lieu en même temps que celles du Concours d'entrée.

<sup>(3)</sup> Il est instamment recommandé aux candidats dispensés, en tout ou en partie, des épreuves du concours d'admission, de revoir très soigneusement, avant leur entrée à l'École, les différentes matières portées au programme de ce concours; cette révision est indispensable pour suivre avec fruit l'enseignement de l'École.

sion administrative. Le conseil de perfectionnement se prononce sur les demandes d'admission sur titres et fixe le nombre maximum de places réservées au concours. Tout candidat dont la demande d'admission sur titres a été rejetée par le Conseil avant le concours d'entrée a le droit de se présenter, dans la même session, à ce concours; il devra, dans ce cas, verser les droits d'examen prévus au paragraphe II.

**VII. Liste d'admission supplémentaire.** — Si, par suite de démissions ou autrement, un certain nombre de places deviennent disponibles, un Jury supérieur, formé de la réunion du Jury d'admissions sur titres et du Jury du concours, dresse, sans distinction de catégorie, la liste supplémentaire des candidats admis à bénéficier de ces places.

**VIII. Programme du concours d'entrée.** — Le programme du concours d'entrée est déterminé chaque année par le Conseil de perfectionnement de l'École; il comporte les matières suivantes :

|                             |                                      |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| Mathématiques;              | Notions sur les mesures électriques; |
| Mécanique générale;         | Mécanique appliquée;                 |
| Physique générale;          | Résistance des matériaux;            |
| Chimie élémentaire;         | Notions de technologie;              |
| Électricité générale;       | Dessin industriel.                   |
| Notions d'électrotechnique; |                                      |

Les épreuves écrites, qui sont éliminatoires, consistent en :

- 1° Une composition sur l'Électricité générale (problèmes);
- 2° Une composition sur la Mécanique appliquée et la Résistance des matériaux (cette composition pourra comprendre : une partie descriptive, des applications numériques, et des croquis d'ensemble schématiques, conformément au programme donné ci-après);
- 3° Un calcul logarithmique;
- 4° Un croquis à main levée.

Les épreuves orales consistent en :

- 1° Une interrogation sur les Mathématiques;
- 2° Une interrogation sur la Mécanique générale;
- 3° Une interrogation sur la Physique générale;
- 4° Une interrogation sur la Chimie élémentaire;
- 5° Une interrogation sur l'Électricité générale;
- 6° Une interrogation sur les notions d'Électrotechnique et de mesures électriques;
- 7° Une interrogation sur la Mécanique appliquée;
- 8° Une interrogation sur la Résistance des matériaux;
- 9° Une interrogation sur les notions de technologie et un exercice de lecture de dessin industriel;
- 10° Un calcul à la règle.

Les coefficients de ces diverses épreuves sont ainsi fixés :

| <i>Épreuves écrites.</i>                                |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| Électricité.....                                        | 12 |
| Mécanique appliquée et Résistance des matériaux...      | 8  |
| Dessin industriel .....                                 | 4  |
| Calcul logarithmique .....                              | 1  |
| <i>Épreuves orales.</i>                                 |    |
| Électricité.....                                        | 5  |
| Mathématiques.....                                      | 4  |
| Mécanique générale.....                                 | 3  |
| Mécanique appliquée.....                                | 2  |
| Résistance des matériaux.....                           | 2  |
| Physique générale.....                                  | 2  |
| Chimie élémentaire.....                                 | 1  |
| Électrotechnique et mesures électriques.....            | 3  |
| Notions de technologie et lecture de dessin industriel. | 2  |
| Calcul à la règle .....                                 | 1  |
| Total.....                                              | 50 |

#### DURÉE DES ÉTUDES.

Les cours et exercices pratiques commencent le 1<sup>er</sup> novembre et se terminent le 1<sup>er</sup> août de chaque année.

#### NATURE DE L'ENSEIGNEMENT.

L'enseignement donné à l'École supérieure d'Électricité est en partie oral, en partie pratique.

I. *Enseignement oral.* — L'enseignement oral comprend :

- 1<sup>o</sup> Un cours sur l'Électrotechnique générale;
- 2<sup>o</sup> Un cours sur les mesures électriques;
- 3<sup>o</sup> Une série de conférences sur des sujets spéciaux.

II. *Enseignement pratique.* — L'enseignement pratique comprend :

- 1<sup>o</sup> Des exercices de laboratoire;
- 2<sup>o</sup> Des essais de machines;
- 3<sup>o</sup> Des exercices d'atelier;
- 4<sup>o</sup> Des visites d'usines;
- 5<sup>o</sup> Des stages dans les principaux secteurs de Paris.

#### PROJETS.

Cinq projets sont donnés aux élèves dans le courant de l'année; ce sont :

- 1<sup>o</sup> Un projet de machine à courant continu (calcul);
- 2<sup>o</sup> Un projet de machine à courant continu (construction);
- 3<sup>o</sup> Un projet de machine ou appareil à courant alternatif;
- 4<sup>o</sup> Un projet d'installation d'éclairage ou de distribution d'énergie;
- 5<sup>o</sup> Un projet d'appareillage.

#### EXAMENS.

Des interrogations, auxquelles participent tous les élèves, ont lieu régulièrement dans le courant de l'année; des examens de fin d'année

sont subis, dans la seconde quinzaine de juillet, devant un jury désigné chaque année par le Conseil de perfectionnement.

#### DIPLÔMES.

Le diplôme d'Ingénieur électricien est exclusivement réservé aux élèves réguliers ayant suivi avec assiduité tous les exercices de l'École. Il est délivré à tout élève ayant obtenu une moyenne générale de 14 sur 20 pour les différentes notes de l'année.

Tout élève ayant obtenu la note moyenne 14 pour tous les exercices de l'École (projets et examens de fin d'année non compris) et dont l'échec est dû à la faiblesse des notes obtenues pour les projets et les examens de fin d'année peut être autorisé à subir de nouveau ces épreuves l'année suivante.

L'autorisation n'est accordée qu'une seule fois sur une demande faite par le candidat dans le mois qui suit la rentrée. Le candidat doit subir de nouvelles épreuves sur les parties d'examen pour lesquelles il n'aurait pas obtenu la note 14, et obtenir au moins la note 14 pour chacune des épreuves nouvelles.

Le candidat admis à subir de nouvelles épreuves doit acquitter, *immédiatement après l'autorisation accordée*, un droit de 10<sup>fr</sup> pour chaque interrogation et un droit de 20<sup>fr</sup> pour chacun des projets à refaire.

#### AUDITEURS LIBRES.

Des auditeurs libres peuvent être admis aux cours et conférences après inscription au Secrétariat de l'École.

L'admission aux exercices pratiques ne peut être autorisée qu'à titre exceptionnel par le Conseil de perfectionnement sur la proposition du Directeur de l'École.

#### FRAIS D'ÉTUDES.

##### 1<sup>o</sup> *Élèves réguliers :*

|                                | Fr.  |
|--------------------------------|------|
| Frais d'études (1) .....       | 1250 |
| Outillage et cahiers (2) ..... | 50   |

##### 2<sup>o</sup> *Auditeurs et élèves libres :*

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| Cours sur l'Électrotechnique générale (3) ... | 250 |
| Cours sur les mesures électriques (3) .....   | 250 |
| Conférences (3) .....                         | 250 |
| Exercices de Laboratoire (3) .....            | 375 |
| Essais de machines (3) .....                  | 375 |
| Exercices d'atelier (3) .....                 | 375 |

Les auditeurs ou élèves libres ne sont admis aux visites d'usines que s'ils sont inscrits au moins à trois cours ou exercices pratiques. Cette admission est d'ailleurs entièrement subordonnée aux nécessités des circonstances.

(1) Payables par moitié, au 1<sup>er</sup> novembre et au 1<sup>er</sup> mars.

(2) L'outillage, acquis par les élèves à leur entrée à l'École, reste leur propriété personnelle.

(3) Payables d'avance.

## COURS ET CONFÉRENCES POUR L'ANNÉE 1913-1914.

### Cours.

**M. P. Janet**, Docteur ès Sciences, Professeur à l'Université de Paris, Directeur de l'École : Électrotechnique générale.

**M. H. Chaumat**, Agrégé des Sciences physiques, Sous-Directeur de l'École : Mesures électriques.

### Conférences.

#### PREMIER GROUPE. — CONSTRUCTION.

**M. P. Boucherot**, Ingénieur-Conseil, Professeur à l'École de Physique et Chimie industrielle de la Ville de Paris.

Calcul des alternateurs, transformateurs et alternomoteurs. 15 conférences.

**M. E. Brunswick**, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur en chef de la Maison Bréguet, suppléé par :

**M. G. Petit**, Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Ingénieur en chef de la Compagnie Électro-mécanique.

Calcul et construction des machines à courant continu;  
construction des machines à courants alternatifs ..... 12 conférences.

**M. G. Courtois**, Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Directeur des constructions électriques à la Société industrielle des Téléphones.

Construction des appareils et accessoires des tableaux de .....  
distribution..... 10 conférences.

**M. Marius Latour**, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Ingénieur-Conseil à la General Co. Schenectady (U. S. A.).

Machines à courants alternatifs à collecteur..... 2 conférences.

#### DEUXIÈME GROUPE. — EXPLOITATION.

##### a. Génération.

**M. A. Bochet**, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur-Conseil de la Société Harlé et C<sup>e</sup>, Administrateur des Chantiers et Ateliers Augustin Normand, Président de la Société des Moteurs thermiques.

Installations mécaniques des Usines d'Électricité..... 7 conférences

**M. R.-V. Picou**, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur-Conseil.

Stations centrales..... 6 conférences.

**M. J. Routin**, Ancien élève de l'École Polytechnique, Ingénieur en chef du service de l'Artillerie de la Maison Bréguet.

Installations hydroélectriques..... 3 conférences.

*b. Transformation.*

**M. L. Juman**, Ingénieur de la Société pour le Travail électrique des métaux.

Accumulateurs..... 6 conférences.

*c. Transmission.*

**M. J. Grosselin**, Ingénieur civil des Mines.

Canalisations souterraines..... 3 conférences.

**M. R.-V. Picou**.

Canalisations aériennes..... 3 conférences

*d. Utilisation.*

I. Applications mécaniques.

**M. N. Mazen**, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur en chef des Chemins de fer de l'Etat.

Applications mécaniques de l'Électricité; traction électrique. 35 conférences.

**M. E. Sartiaux**, Ingénieur Chef des Services électriques aux Chemins de fer du Nord.

Application et utilisation de l'Électricité à la construction  
et à l'exploitation des voies ferrées..... 2 conférences.

**M. C. Tainturier**, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur principal du *Service électrique des Chemins de fer de l'État*.

Systèmes de Tramways électriques à prise de courant inférieure..... 3 conférences.

II. Applications thermiques et chimiques.

**M. H. Chaumat**, Agrégé des Sciences physiques, Sous-Directeur de l'École.

Électrochimie. Électrometallurgie..... 7 conférences.

**M. F. Laporte**, Ancien élève de l'École Polytechnique, Ingénieur civil des Mines, Sous-Directeur du Laboratoire central d'Électricité.

Éclairage électrique..... 6 conférences.

*d. Essais.*

**M. Ch. David**, Ingénieur-Conseil, Ancien chef des travaux au *Laboratoire central d'Électricité*.

Essais de machines..... 18 conférences.

TROISIÈME GROUPE. — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

**M. Belugou**, Ingénieur en chef des Postes et des Télégraphes.

Télégraphie..... 6 conférences.

**M. de la Touanne**, Ingénieur des Télégraphes.

Téléphonie ..... 5 conférences.

**M. le Commandant Ferrié**, Chef de Bataillon du Génie (alternativement avec **M. le Commandant Tissot**, Capitaine de Frégate).

Télégraphie sans fil ..... 3 conférences.

QUATRIÈME GROUPE. — ÉLECTRICITÉ SCIENTIFIQUE.

**M. Debierne**, Chef de Travaux de Physique à la Faculté des Sciences de Paris.

Rayons cathodiques; rayons X; radioactivité ..... 4 conférences.

---

VII. — PROGRAMME D'ADMISSION

MATHÉMATIQUES.

*Mathématiques élémentaires.* — Géométrie, Algèbre, Trigonométrie. — Usage des logarithmes et de la règle à calcul.

*Compléments d'algèbre et éléments de géométrie analytique.* — Fonctions; dérivées. — Représentations graphiques des fonctions usuelles. — Notions sur les séries. — Notions sur les quantités imaginaires.

*Calcul différentiel et intégral.* — Différentielles et quadratures usuelles. — Calcul des aires, des centres de gravité, des moments d'inertie; ellipse centrale d'inertie. — Équation différentielle linéaire à coefficients constants du premier et du second ordre, sans ou avec second membre.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE.

Vitesse; accélération; force; couple; travail; puissance; masse; énergie cinétique; énergie potentielle. — Machines simples. — Frottements. — Mouvements périodiques. — Mouvement d'un solide invariable autour d'un axe. — Cas particulier d'un corps suspendu par un fil de torsion, avec amortissement.

PHYSIQUE GÉNÉRALE.

Unités; système C. G. S.; système pratique.

Phénomènes généraux et lois fondamentales de la chaleur.

Équivalence de la chaleur et du travail; principe de la conservation de l'énergie. — Principe de Carnot; entropie.

Phénomènes généraux de l'Électricité.

Propriétés des lentilles et des miroirs.

Notions concrètes sur les vibrations, la propagation des ondes et les ondes stationnaires.

CHIMIE ÉLÉMENTAIRE.

Préparation et propriétés des corps les plus importants de la Chimie minérale.

ÉLECTRICITÉ GÉNÉRALE.

Phénomènes fondamentaux; lois numériques de l'électrostatique, de l'électrocinétique, du magnétisme, de l'électromagnétisme et de l'induction.

#### NOTIONS D'ÉLECTROTECHNIQUE.

*Lois du circuit magnétique.* — Notions sur l'électro-aimant.

*Dynamos à courants continus.* — Description générale; principe du fonctionnement. Inducteurs : différentes formes d'inducteurs bipolaires; inducteurs multipolaires. Induit : principe de l'enroulement en anneau et en tambour; collecteur; balais. Relation entre la force électromotrice et le flux dans l'induit. Courbe de magnétisme; caractéristique à circuit ouvert et à excitation séparée.

*Moteurs à courants continus.* — Réversibilité des dynamos à courants continus; sens de rotation. Relation entre le couple, le flux et le courant dans l'induit.

*Notions générales sur le transport électrique de la puissance mécanique.*

*Courants alternatifs.* — Cadre tournant dans un champ uniforme; période; pulsation; différence de phase entre la force électromotrice et l'intensité.

#### NOTIONS SUR LES MESURES ÉLECTRIQUES.

Théorie du pont de Wheatstone; son emploi à la mesure des résistances.

Principe des potentiomètres.

Principe de l'électromètre à quadrants.

Galvanomètre à cadre mobile.

Principe du galvanomètre balistique.

Mesures élémentaires de capacité.

Mesures élémentaires de champ magnétique.

#### MÉCANIQUE APPLIQUÉE.

Turbines hydrauliques; machines à vapeur; moteur à gaz. Mesure de la puissance mécanique.

#### RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.

Moments d'inertie. — Définition des déformations. — Coefficients d'élasticité; limite d'élasticité; résistance à la rupture; coefficients de sécurité; valeurs admissibles dans la pratique pour les matériaux usuels. — Pièces chargées debout. — Formule relative à la flexion; forces élastiques normales et tangentielles; cas général. — Courbure d'une pièce soumise à une flexion plane. — Définition des appuis; applications à des cas usuels; pièces droites appuyées et encastrées. — Éléments de statique graphique; polygone dynamique; polygone funiculaire. — Notions élémentaires sur les ressorts. — Force d'inertie; efforts moléculaires dans le cas d'un mouvement de rotation uniforme.

#### NOTIONS ÉLÉMENTAIRES DE TECHNOLOGIE PRATIQUE.

Éléments de construction des machines.

Notions sur le travail des métaux : forge; modelage; fonderie; outillage.

#### DESSIN INDUSTRIEL.

Croquis coté de machine à main levée. — Lecture d'un dessin industriel.

On comprendra l'esprit de ce programme à l'aide des développements qui suivent et qui sont donnés à titre de simple indication.



COMPLÉMENTS D'ALGÈBRE.

*Fonctions continues.* — Exemples (Polynomes. — Fonctions rationnelles. Fonctions circulaires. — Fonction exponentielle; définition de  $e$ ). — Variations et représentation graphique d'une fonction; définition de la dérivée (interprétation géométrique); fonctions croissantes et décroissantes; maxima et minima.

*Calcul des dérivées.* — Dérivée d'une somme, d'un produit, d'un quotient, d'une fonction de fonction. Dérivées des fonctions  $e^x$ ,  $\log x$ ,  $x^n$ ,  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $\tan x$ ,  $\arcsin x$ ;  $\arccos x$ ,  $\arctan x$ . Dérivées d'ordre supérieur. — Fonctions de plusieurs variables; dérivées partielles d'ordre quelconque.

*Séries.* — Notions sur la convergence.

*Séries de Taylor et Maclaurin.* — Développement de  $e^x$ ,  $\sin x$ ,  $\cos x$  suivant les puissances de  $x$ .

*Notions sur la série de Fourier.* — Calcul des coefficients.

*Quantités imaginaires.* — Opérations sur ces quantités. — Formule de Moivre. — Définition de l'exponentielle imaginaire. — Relations  $e^{\pm ix} = \cos x \pm i \sin x$ . — Produit de deux exponentielles imaginaires. — Expression de  $\sin x$  et de  $\cos x$  à l'aide des exponentielles imaginaires.

ÉLÉMENTS DE GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE (1).

*Géométrie plane.* — Coordonnées cartésiennes dans le plan; changement d'axes. — Coordonnées polaires. — Ligne droite. — Distance d'un point à une droite. — Courbes planes: tangente, concavité, inflexion, asymptotes. — Construction de courbes simples. — Étude sommaire des coniques. — Enveloppes.

CALCUL DIFFÉRENTIEL ET INTÉGRAL.

Infiniment petits des divers ordres. — Exemples géométriques; courbure. — Différentielle du premier ordre d'une fonction d'une ou plusieurs variables. — Fonction primitive d'une fonction  $f(x)$  (déduite de la notion d'aire). — Intégrales indéfinies usuelles :

$$\int \frac{dx}{x}, \quad \int \frac{dx}{x^2 \pm a^2}, \quad \int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - x^2}}, \quad \int \frac{dx}{\sqrt{x^2 \pm a^2}}.$$

— Intégration d'une fonction rationnelle de  $x$ , d'une fonction rationnelle en  $\sin x$ ,  $\cos x$ . — Calcul des intégrales définies; applications géométriques et mécaniques: aires, volumes simples, arcs de courbe, moments d'inertie. — Notions sur les intégrales doubles et triples déduites des idées de volume et de masse d'un corps. — Équations différentielles du premier ordre; cas simples d'intégration (équations à variables séparées, équations linéaires). — Équations linéaires du second ordre à coefficients constants, dont le second membre est un polynome en  $e^x$ ,  $\sin x$ ,  $\cos x$ .

(1) On se bornera à la Géométrie plane.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE.

Puissance utilisable d'une chute d'eau. — Principe des récepteurs hydrauliques. — Rendement. — Description sommaire des types usuels de turbines hydrauliques pour basses, moyennes et hautes chutes. — Régulation de la vitesse. — Description sommaire des types usuels de générateurs de vapeur. — Appareils de contrôle, de sûreté et d'alimentation. — Moteurs à vapeur monocylindriques, compound, à triple expansion. — Notions sommaires sur les turbines à vapeur. — Condensation par mélange, par surface. — Détente. — Distribution. — Son étude graphique. — Diagrammes. — Indicateurs. — Régulateurs. — Calcul approximatif de la puissance d'un moteur à vapeur à piston. — Principe du fonctionnement des moteurs à gaz à quatre temps. — Description sommaire d'une machine de ce type. — Allumage. — Refroidissement des parois.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.

Moments d'inertie par rapport à un axe; rayon de giration; ellipse d'inertie; moment d'inertie polaire; applications aux sections usuelles. — Définition des déformations : extension; compression; cisaillement; torsion; flexion. — Coefficients d'élasticité longitudinale et transversale; limite d'élasticité; résistance à la rupture; coefficients de sécurité; valeurs admissibles en pratique pour les matériaux usuels (métaux, bois, pierre, etc.). — Pièces chargées de bout; compression des prismes courts ou longs; formules de flambage. — Formules relatives à la flexion; détermination des forces normales et tangentielles; cas général. — Flexion plane; effort tranchant; moment fléchissant; composante normale. — Courbure d'une pièce soumise à une flexion plane; moment résistant ( $\frac{RI}{V}$ ); efforts de cisaillement longitudinal et transversal. — Définition des appuis; appui simple; encastrement. — Applications à des cas usuels pour des charges uniformément réparties ou isolées : pièces droites reposant sur deux appuis simples et pièces droites encastrees avec une extrémité libre; notions sommaires pour les cas : d'un appui simple et un encastrement, de deux encastrements, et d'une poutre à travées continues. — Éléments de statique graphique; polygone dynamique; polygone funiculaire; applications à des systèmes triangulés simples. — Notions élémentaires sur les ressorts; ressorts à lames; ressorts en hélice et en spirale. — Force d'inertie; efforts moléculaires dans le cas d'un mouvement de rotation uniforme <sup>(1)</sup>.

NOTIONS ÉLÉMENTAIRES DE TECHNOLOGIE PRATIQUE.

Notions sommaires sur les principaux matériaux employés dans la construction des machines : Bois; fer; fonte; acier; cuivre; aluminium; étain; bronze.

---

<sup>(1)</sup> L'attention du candidat est attirée sur la nécessité de vérifier l'homogénéité de toutes les formules employées et de connaître les dimensions des diverses grandeurs et des principaux coefficients; la nomenclature employée par Hospitalier (*Formulaire de l'Électricien et du Mécanicien*) est expressément recommandée.

Notions sur le travail de ces matériaux : Travail du bois ; scie ; ciseaux ; rabot. Travail des métaux ; forge ; marteau ; tranches ; étampes ; enclume. Fonderie ; modèle ; moulage dans le sable ; coulée ; soudure ; brasure.

Mise en œuvre à la main et avec les principales machines-outils : Perçage ; mèches ; forets ; vilebrequins ; machines à percer ; machines à poinçonner ; ciseaux ; limes ; fraises ; tour simple ; tréfilage ; filière ; banc de tréfilage.

Éléments de construction de machines : vis ; boulons ; clavettes ; manchons d'assemblage ; axes ; tourillons ; douilles ; coussinets ; paliers ; poulies ; engrenages ; bâtis. Fondations ; carlingages.

### VIII. — SECTION DE RADIOTÉLÉGRAPHIE

Par décision du Comité de la Société Internationale des Électriciens en date du 5 Décembre 1911, il a été institué, à l'École Supérieure d'Électricité, une nouvelle section de Radiotélégraphie. Le nombre des élèves à admettre a été fixé à 20 ; les admissions sont prononcées par le Conseil de perfectionnement de l'École après examen des titres présentés par les candidats dont les connaissances en Électricité et en Électrotechnique générale doivent être suffisantes pour suivre avec fruit l'enseignement. En particulier, les ingénieurs diplômés de l'École supérieure d'Électricité et des grandes Écoles sont admis dans la limite des places disponibles.

Dans le cas où les titres présentés paraîtraient insuffisants, les candidats auront à subir un examen oral portant sur les Mathématiques et l'Électricité, conformément au programme général d'admission.

L'enseignement à la fois théorique et pratique dure trois mois et demi ; une première session s'est ouverte le 5 février 1912 ; la quatrième session s'ouvrira le 15 novembre 1914.

#### PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT.

##### *Cours.*

**M. le Commandant Ferrié.**

Radiotélégraphie pratique..... 20 leçons environ.

**M. le Capitaine de frégate Tissot.**

Radiotélégraphie théorique..... 10 leçons environ.

##### *Conférences.*

**M. Abraham (H.),** Professeur à la Sorbonne, délégué à l'École Normale supérieure.

Décharges dans les gaz..... 2 conférences.

**M. Angot,** Directeur du Bureau Central Météorologique de France.

Notions de Météorologie..... 2 conférences.

**M. Becq (Capitaine).**

Constructions et pylônes..... 2 conférences.

**M. Bouthillon**, Ingénieur des Télégraphes, diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

Lois et règlements..... 1 conférence.

**M. Moreau**, Lieutenant de vaisseau, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

Applications de la Télégraphie sans fil à bord des navires. 1 conférence.

**M. Jeance**, Lieutenant de vaisseau, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

Téléphonie sans fil ..... 2 conférences.

*Conférences complémentaires.*

**MM. J. Bethenod**, Ingénieur-Conseil.

**G. Petit**, Ingénieur des Télégraphes, diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Directeur technique de la Compagnie Générale de Radiographie.

*Conférences préparatoires.*

**M. Bochet**, Ingénieur des Arts et Manufactures.

Moteurs mécaniques ..... 5 conférences.

**M. Janet**, Directeur de l'École.

Électricité et électrotechnique générale..... 5 conférences.

**M. Chaumat**, Sous-Directeur de l'École.

Mesures électriques..... 5 conférences.

*Travaux pratiques.*

**M. le Commandant Ferrié**, Directeur des Travaux.

**M. le Capitaine Brenot**, Chef des Travaux. (**M. le Lieutenant Moriceau**, suppléant).

**M. Laüt**, Ingénieur des Écoles d'Arts et Métiers, diplômé de l'École supérieure d'Électricité, préparateur.

*Travaux pratiques préparatoires.*

**M. Millien**, Chef des Travaux à l'École, assisté de **M. Laüt**, préparateur.

**IX. — FRAIS D'ÉTUDES**

Elèves réguliers..... 750 francs.

Auditeurs libres (pour les cours et conférences seulement) 300 francs.

Le prix de 750 francs est réduit à 600 francs pour les délégués des différents Ministères et pour les Ingénieurs diplômés de l'École supérieure d'Électricité.

**LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES**

**DE LA**

**SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.**

**1914.**



---

# SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

ANNÉE 1914.

---

## PRÉSIDENTS HONORAIRES.

MM. GEORGES BERGER, *décédé en 1910.*

MAURICE LOEWY, *décédé en 1907.*

MASCART (E.), *décédé en 1908.*

## TRÉSORIER HONORAIRE.

M. VIOLET, Ingénieur, 6, rue de l'Abbaye, à Paris, 6<sup>e</sup>.

## MEMBRES HONORAIRES.

MM. BENOIT (R.), Directeur du Bureau international des Poids et Mesures, Pavillon de Breteuil, à Sèvres (Seine-et-Oise).

DEPREZ (MARCEL), Membre de l'Institut, 23, avenue Marigny, à Vincennes (Seine).

THURY (R.), Ingénieur-Conseil de la *Compagnie « L'Industrie électrique et mécanique »*, 25 bis, route de Florissant, à Genève (Suisse).

---

## COMITÉ D'ADMINISTRATION.

### ANCIENS PRÉSIDENTS.

Dates d'entrée  
et de sortie.

1883-1885. BERGER (GEORGES), *décédé en 1910.*

1886. LOEWY (MAURICE), *décédé en 1907.*

1887. MASCART (E.), *décédé en 1908.*

1888. LEMONNIER (PAUL), *décédé en 1894.*

1889. SEBERT (Général H.), Membre de l'Institut, Président de la *Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée*, 14, rue Brémontier, à Paris, 17<sup>e</sup>.

1890. FONTAINE (HIPPOLYTE), *décédé en 1910.*

1891. JOUBERT (J.), *décédé en 1910.*

1892. CARPENTIER (J.), Ingénieur-Constructeur, Membre de l'Institut, Membre du Bureau des Longitudes, 34, rue du Luxembourg, à Paris, 6<sup>e</sup>.

Dates d'entrée  
et de sortie.

1893. RAYMOND (L.), Administrateur des Postes et des Télégraphes, en retraite.  
à Laveyrie, par Hauteville (Corrèze).
1894. POSTEL-VINAY (A.), 3, rue de Constantine, à Paris, 7°.
1895. POTIER (A.), *décédé en 1905.*
1896. SCIAMA (GASTON), Directeur de la *Maison Breguet*, 19, rue Didot, à  
Paris, 14°.
1897. ARSONVAL (D<sup>r</sup> A. D'), Membre de l'Institut, Professeur au *Collège de  
France*, Directeur du *Laboratoire de Physique biologique*, 49 bis, avenue  
de la Belle-Gabrielle, à Nogent-sur-Marne.
1898. PICOU (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 11, rue Marguerite,  
à Paris, 17°.
1899. VIOLE (J.), Membre de l'Institut, Maître de Conférences à l'*École  
Normale supérieure*, Professeur au *Conservatoire national des Arts et  
Métiers*, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris, 5°.
1900. MASCART (E.), *décédé en 1908.*
1901. HILLAIRET (A.), Ingénieur constructeur, 22, rue Vicq-d'Azir, à Paris, 10°.
1902. HARLÉ (E.), Associé-Gérant de la *Maison Harlé et C<sup>te</sup>*, 26, avenue  
de Suffren, à Paris, 15°.
1903. HOSPITALIER (Ed.), *décédé en 1907.*
1904. POLLARD (J.), Inspecteur général du Génie maritime, 8, rue de Berri,  
à Paris, 8°.
1905. BOUTY (E.), Membre de l'Institut, Professeur à la *Faculté des Sciences  
de Paris*, 5, rue du Faubourg-Saint-Jacques, à Paris, 14°.
1906. LEBLANC (MAURICE), Ingénieur-Conseil de la *Société anonyme Westing-  
house*, le Val-sur-Seine, à Croissy (Seine-et-Oise).
1907. BECQUEREL (H.), *décédé en 1908.*
1908. BOUCHEROT (P.), Ingénieur-Conseil, 64, boulevard Auguste-Blanqui,  
à Paris, 13°.
1909. PELLAT (HENRI), *décédé en 1909.*
1910. BOCHET (A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 2, rue Scheffer,  
à Paris, 16°.
1911. LIPPMANN (G.), Membre de l'Institut, 10, rue de l'Éperon, à Paris, 6°.
1912. GROSSELIN (M.), Ingénieur civil des Mines, 26, rue Godot-de-Mauroi,  
à Paris, 9°.
1913. BERTHELOT (D.), Professeur à l'*Université de Paris*, 168, boulevard  
Saint-Germain, à Paris, 6°.

#### BUREAU.

##### Président d'Honneur.

BLONDEL (ANDRÉ-EUGÈNE), Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des  
Ponts-et-Chaussées, Professeur à l'*École nationale des Ponts-et-Chaus-  
sées*, 41, avenue de La Bourdonnais, à Paris, 7°.

##### Président.

BRYLINSKI (E.), Directeur de la Société « *Le Triphasé* », 5, avenue  
Teissonnière, à Asnières (Seine).



**Président pour l'exercice 1915-1916.**

POINCARÉ (Lucien), Directeur de l'Enseignement secondaire, 130, rue de Rennes, à Paris, 6<sup>e</sup>.

**Vice-Présidents.**

Dates d'entrée  
et de sortie.

1912-1913. BROCA (Dr A.), Agrégé de la Faculté de Médecine, 7, cité Vaneau, à Paris.

1912-1913. GALL (H.), Administrateur délégué de la Société d'Electrochimie, 4, rue Albert-Joly, à Versailles (Seine-et-Oise).

\* \*

1913-1916. LAPORTE (F.), Sous-Directeur du *Laboratoire central d'Électricité*, 2, rue Saint-Simon, à Paris, 7<sup>e</sup>.

1913-1916. VALBREUZE (R. DE), Administrateur-Délégué des *Établissements Deberghe et Lafaye*, 8, rue de Lévis, à Paris, 17<sup>e</sup>.

\* \*

1914-1917. BÉLUGOU (V.), Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, 103, rue de Grenelle, à Paris, 7<sup>e</sup>.

1914-1917. GUILBERT (C.), Ingénieur Electricien, 248, boulevard Raspail, à Paris, 14<sup>e</sup>.

**Secrétaire général.**

1913-1915. JOLY (L.), Ingénieur aux *Ateliers Carpentier*, 103, boulevard du Montparnasse, à Paris, 14<sup>e</sup>.

**Secrétaires.**

1912-1915. GUYAU (A.), Docteur ès Sciences, Ingénieur diplômé E. S. E., 41, boulevard Raspail, à Paris, 7<sup>e</sup>.

1912-1915. VILLIERS (C.), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 31, rue d'Alésia, à Paris, 14<sup>e</sup>.

\* \*

1913-1916. CORNUAULT (A.), Ingénieur de la *Compagnie continentale pour la fabrication des Compteurs*, 4, rue Wéber, à Paris, 16<sup>e</sup>.

1913-1916. GOURDEAU (G.), Ingénieur des *Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est*, 83, rue de Lévis, à Paris, 17<sup>e</sup>.

\* \*

1914-1917. ILIOVICI (A.), Chef des services techniques de la *Compagnie française des Perles électriques Weissmann*, 118, rue Lecourbe, à Paris, 15<sup>e</sup>.

1914-1917. LEBLANC FILS (Maurice), Directeur de l'usine de la *Westinghouse Cooper Hewitt*, 4, avenue Augier, à Croissy-sur-Seine (Seine-et-Oise).

**Trésorier.**

1913-1915. BROCCQ, Ingénieur des Arts et Manufactures, 18, boulevard de Vaugirard, à Paris, 15<sup>e</sup>.

MEMBRES DU COMITÉ.

Dates d'entrée  
et de sortie.

- 1912-1915. ARMAGNAT (H.), Ingénieur-Conseil, Expert près le Tribunal de la Seine, 67, rue du Ranelagh, à Paris, 16°.
- 1912-1915. AZARIA, Ingénieur, 5, rue Boudreau, à Paris, 9°.
- 1912-1915. BARBOU, Directeur de la *Société Gramme*, 28, place Saint-Ferdinand, à Paris, 17°.
- 1912-1915. BETHENOD (J.), Ingénieur-Conseil, 50, boulevard Saint-Germain, à Paris, 5°.
- 1914-1915. BUREAU (H.), Chef de travaux au Laboratoire central d'Électricité, 2, rue Mizon, à Paris, 15°.
- 1912-1915. BRUNSWICK (E.), Ingénieur en chef de la *Maison Bréguet*, 1, rue Alphonse-Daudet, à Paris, 14°.
- 1912-1915. BUNET (P.), Directeur de la Société « l'Aluminium français », 59, boulevard Pasteur, à Paris, 15°.
- 1912-1915. COURTOIS (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 40, rue Ribéra, à Paris, 16°.
- 1912-1915. GUÉRY (F.), Ingénieur électricien, 18 bis, rue du Marché, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- 1913-1915. LEGOUÉZ (R.), Administrateur de la Société Parisienne pour l'industrie des chemins de fer et tramways parisiens, 25, rue Molitor, à Paris, 16°.
- 1912-1915. MARIAGE (L.), Directeur de la *C<sup>te</sup> générale des Omnibus*, 53 ter, quai des Grands-Augustins, à Paris, 6°.
- 1912-1915. MEYER (M.), Directeur de la *C<sup>te</sup> générale des travaux d'éclairage et de force*, 40, rue Blanche, à Paris, 9°.
- 1912-1915. PETIT (J.), Administrateur-Délégué de l'*Omnium lyonnais des chemins de fer et tramways*, 41, rue Saint-Pétersbourg, à Paris, 8°.
- 1914-1915. SARTIAUX (Eug.), Ingénieur chef des *Services électriques au Chemin de fer du Nord*, 48, rue de Dunkerque, à Paris, 9°.
- 1912-1915. TISSOT (C.), Capitaine de Frégate, 6, rue Charles Divry, à Paris, 14°.
- 1912-1915. WEISS (G.), Professeur agrégé à la *Faculté de Médecine*, 20, avenue Jules-Janin, à Paris, 16°.

\* \* \*

- 1913-1916. ABRAHAM (H.), Professeur à la Sorbonne, Délégué à l'École normale supérieure, 45, rue d'Ulm, à Paris, 5°.
- 1913-1916. BESSON (P.), Administrateur-Délégué de la *Société centrale des Produits chimiques*, 59, rue Boissière, à Paris, 16°.
- 1913-1916. BLONDIN (J.), Directeur technique de *La Revue électrique*, 171, rue du Faubourg Poissonnière, à Paris, 9°.
- 1913-1916. CLAUDE (G.), Administrateur de la Société « l'Air liquide », 14, boulevard d'Auteuil, à Boulogne-sur-Seine (Seine).
- 1913-1916. DESROZIERS (E.), Ingénieur électricien, 10, avenue Frochot, à Paris, 9°.
- 1913-1916. ESCHWÈGE (P.), Directeur de la *Société d'éclairage et de force par l'électricité*, à Paris, 26, rue Laffite, à Paris, 9°.
- 1913-1916. FRANCE (DE), Directeur adjoint des services commerciaux de la *Société l'Eclairage électrique*, 6, rue de Solferino, à Paris, 7°.
- 1913-1916. GIRAULT (P.), Ingénieur aux *Ateliers Thomson Houston*, 53, rue Mathurin-Régnier, à Paris, 15°.

Dates d'entrée  
et de sortie.

- 1913-1916. LATOUR (Marius), Ingénieur-Conseil, 22, rue de Tocqueville, à Paris, 17<sup>e</sup>.  
1913-1916. LAURIOL (P.), Ingénieur en chef des Services d'éclairage de la Ville de Paris, 19, avenue Émile Deschanel, à Paris, 7<sup>e</sup>.  
1913-1916. MASCART (Ch.), ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées, 40, boulevard de Courcelles, à Paris, 17<sup>e</sup>.  
1913-1916. MAUDUIT (A.), Ingénieur électricien, 25, place de la Carrière, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).  
1913-1916. MAUGAS (G.), Ingénieur en chef de la Marine, 6, avenue Vauban, à Toulon (Var).  
1913-1916. MONMERQUÉ (A.), Inspecteur général des Ponts et Chaussées, 19, rue Decamps, à Paris, 16<sup>e</sup>.  
1914-1916. ROBIN (F.), Ingénieur-Conseil, 7, rue d'Anjou, à Paris, 8<sup>e</sup>.  
1913-1916. ROUTIN (G.) Ingénieur-Conseil, 2, rue Olchanski, à Paris, 16<sup>e</sup>.

\* \*

- 1914-1916. BROGLIE (M. DE), Secrétaire général de la Société française de Physique, 29, rue de Chateaubriand, à Paris, 8<sup>e</sup>.  
1914-1916. CHAUMAT (H.), Sous-Directeur de l'École supérieure d'Électricité, 26, rue Ernest-Renan, à Paris, 15<sup>e</sup>.  
1914-1916. DESOMBRE (P.), Administrateur délégué de la *Compagnie électro-mécanique*, Le Bourget (Seine).  
1914-1916. DUMONT (Eug.), Fondé de pouvoirs de la *Société française des Câbles électriques*, 11, rue du Pré-Gaudry, à Lyon (Rhône).  
1914-1916. FERRIÉ (G.), Chef de bataillon du Génie, 23, boulevard du Montparnasse, à Paris, 6<sup>e</sup>.  
1914-1916. GIROUSSE (G.), Ingénieur des Télégraphes, 154, avenue Emile-Zola, à Paris, 15<sup>e</sup>.  
1914-1916. GORCE (DE LA), Chef de travaux au Laboratoire central d'Électricité, 4, rue Joseph-Bara, à Paris, 6<sup>e</sup>.  
1914-1916. GRATZMULLER (L.), Ingénieur-Conseil, Parc de la Malmaison, à Rueil (Seine-et-Oise).  
1914-1916. HENRARD (G.), Administrateur-Directeur de la *Société lyonnaise des forces motrices du Rhône*, 37, rue de la République, à Lyon (Rhône).  
1914-1916. LARNAUDE (A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 31, rue Camille-Desmoulins, à Issy-les-Moulineaux (Seine).  
1914-1916. LÉAUTÉ (A.), Répétiteur de physique à l'Ecole Polytechnique, 20, boulevard de Courcelles, à Paris, 17<sup>e</sup>.  
1914-1916. LIÉNARD (A.), Ingénieur en chef des mines, 16, rue Stanislas, à Paris, 6<sup>e</sup>.  
1914-1916. MARCHENA (DE), Ingénieur en chef de la *Compagnie française Thomson-Houston*, 160, boulevard Malesherbes, à Paris, 17<sup>e</sup>.  
1914-1916. PARODI (H.), Ingénieur-Chef des *Services électriques du matériel et de la traction de la Compagnie d'Orléans*, 141, quai d'Orsay, à Paris, 7<sup>e</sup>.  
1914-1916. PIRANI (E.), Fondé de pouvoir de la *Société Alsacienne de constructions mécaniques*, 92, rue Mozart, à Paris, 16<sup>e</sup>.  
1914-1916. VAUTIER (Th.), Professeur à la Faculté des sciences de Lyon, 3, montée de Balmont, à Lyon (Rhône).

**Secrétaire du Comité.**

SABOURAIN (J.-A.), Directeur honoraire des Postes et des Télégraphes, 30, rue Bonaparte, à Paris, 6<sup>e</sup>.

---

**SECTIONS DU COMITÉ.**

**1<sup>re</sup> SECTION. — Production et utilisation mécanique de l'Électricité.**

Président : M. GUILBERT.

Secrétaire : M. VILLIERS (C.).

**2<sup>e</sup> SECTION. — Éclairage électrique.**

Président : M. LAPORTE (F.).

Secrétaire : M. CORNUAULT (A.).

**3<sup>e</sup> SECTION. — Electrochimie. Électrometallurgie. Piles. Accumulateurs.**

Président : M. GALL (H.).

Secrétaire : M. LEBLANC (M.).

**4<sup>e</sup> SECTION. — Canalisation. Distribution générale. Traction.**

Président : M. DE VALBREUZE.

Secrétaire : M. GOURDEAU.

**5<sup>e</sup> SECTION. — Télégraphie. Téléphonie.**

Président : M. BELUGOU.

Secrétaire : M. GUYAU.

**6<sup>e</sup> SECTION. — Recherches physiques. Électrophysiologie. Instruments de mesure.**

Président : M. BROCA (D<sup>r</sup> A.).

Secrétaire : M. ILIOVICI.

**COMMISSION DES COMPTES.**

CELLERIER (J.), Directeur du Laboratoire d'essais au Conservatoire national des Arts-et-Métiers, 292, rue Saint-Martin, à Paris, 3<sup>e</sup>.

DEHENNE (G.), Ingénieur en chef aux *Etablissements Harlé et C<sup>ie</sup>*, 14, rue Gustave-Zédé, à Paris, 16<sup>e</sup>.

MAZEN (N.), Ingénieur en chef des *Chemins de fer de l'État*, 22, rue des Martyrs, à Paris, 9<sup>e</sup>.

COMMISSION CONSULTATIVE.

**Avocat.** — CARPENTIER (A.), Avocat à la Cour d'Appel, 4, rue du Cardinal-Lemoine, à Paris, 5°.

**Avoué.** — CAZIER (HENRI), Avoué de 1<sup>re</sup> instance, 11, rue de Rome, à Paris, 8°.

**Notaire.** — LANQUEST, 92, boulevard Haussmann, à Paris, 8°.

**Agent Administratif de la Société.**

TESSIER (CHARLES), 14, rue de Staël, à Paris, 15°.

---

MEMBRES CORRESPONDANTS.

**Belgique.**

GERARD (ERIC), Directeur de l'*Institut électrotechnique Montefiore*, 35, rue Saint-Gilles, à Liège.

**États-Unis.**

HERING (CARL), Consulting Electrical Engineer, Docteur es sciences, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 929, Chesnut street, à Philadelphie.

MAILLOUX (C.-O.), Ingénieur électricien-Conseil, 76, William Street, à New-York.

**Portugal.**

CASTANHEIRA DAS NÈVES, Ingénieur, rua do Salitre, 405-3°, à Lisbonne.

**Suisse.**

BOREL (D<sup>r</sup> FRANÇOIS), Ingénieur, à Cortaillod.

---

ANCIENS MEMBRES DU BUREAU.

VICE-PRÉSIDENTS (¹).

MM.

Armagnat (1909-1912). — Arnoux (1907-1910). — D'Arsonval (1894-1897). — *Baron* (1891-1894). — *Ed. Becquerel* (1884-1888). — *Bergon* (1886-1888). — D. Berthelot (1910-1913). — *Blavier* (1884). — Blondel (1904-1907). — Bochet (1900-1903). — Boucherot (1903-1906). — *Bouilhet* (1892-1895). — Bouty (1903-1906). — M. Brillouin (1902-1905). — Brunswick (1909-1912). — Brylinski (1905-1908). — J. Carpentier (1888-1891).

---

(¹) Les noms des membres décédés sont imprimés en italiques.

MM.

— *Clemançon* (1904-1906). — Clérac (1898-1901). — *Cornu* (1889-1892). — Dareq (1901-1904). — Desrozières (1902-1905). — Devaux-Charbonnel (1908-1911). — Ferrié (1911-1914). — *H. Fontaine* (1889). — Gariel (1888-1891). — Gosselin (1901-1904). — Grosselin (1905-1908). — Guillaume (1904-1907). — Hillairet (1897-1900). — *Jamin* (1884-1885). — *Joubert* (1890-1893). — Harlé (1899-1902). — *Hospitalier* (1893-1896). — Larnaude (1907-1910). — Maurice Leblanc (1900-1903). — Legouez (1912-1913). — *Lemonnier* (1886). — Lippmann (1886). — *Maurice Læwy* (1884). — De Marchena (1911-1914). — *Marié Davy* (1884-1888). — Maugas (1910-1913). — Mazen (1908-1911). — *H. Menier* (1891-1893). — *Du Moncel* (1884). — Monnier (1898-1901). — De Nerville (1896-1899). — *Pellat* (1896-1899). — Picou (1893-1896). — L. Poincaré (1906-1909). — Pollard (1897-1900). — Postel Vinay (1890-1893). — *Potier* (1892-1895). — Raymond (1889). — Rey (1906-1909). — *De Romilly* (1891-1894, 1901-1902). — A. Sartiaux (1894-1897). — E. Sartiaux (1896-1897, 1899-1902). — Sciana (1894-1895). — H. Sebert (1887-1888). — *Tresca* (1884). — Violet (1895-1898). — Violle (1895-1898).

SECRÉTAIRES GÉNÉRAUX.

Armagnat (1905-1909). — Gosselin (1897-1901). — Grosselin (1901-1905). — Hillairet (1893-1897). — Picou (1889-1893). — Seligmann-Lui (1887-1888). — De Valbreuze (1909-1913).

SECRÉTAIRES.

Abraham (1898-1901). — Aliamet (1897-1900, 1903-1906). — Armagnat (1900-1903). — Arnoux (1894-1897). — D'Arsonval (1887-1888). — Belugou (1890-1893). — Bethenod (1909-1912). — Bochet (1894-1897). — *G. Boistel* (1886). — Boucherot (1895-1898). — Bourguignon (1902-1905). — Boutin (1907-1910). — Brachotte (1901-1904). — Brunswick (1897-1899). — Bureau (1911-1914). — Chaumat (1899-1902). — Courtois (1905-1908). — Ch. David (1904-1907). — G. Dumont (1890-1893). — A. Durand (1902-1905). — De France (1910-1913). — Girault (1910-1913). — De la Gorce (1911-1914). — Gosselin (1896). — Guery 1909-1912). — Guilbert (1903-1906). — Grosselin (1898-1901). — Hillairet (1889-1892). — *Hospitalier* (1884-1888, 1891-1894). — Janet (1895-1898). — Joly (1908-1911). — Jouaust (1906-1909). — Jumaù (1906-1909). — *Laffargue* (1896-1899). — F. Laporte (1901-1904). — Larnaude (1904-1907). — Latour (1905-1908). — Liouville (1908-1911). — Lippmann (1884). — Loppé (1897-1900). — Lorin (1901-1903). — *De Nansouty* (1884-1888, 1891-1894). — *Napoli* (1884-1886, 1888-1891). — L. Poincaré (1896-1898). — Raveau (1899-1902). — G. Roux (1893-1896). — *Sarcia* (1892-1895). — E. Sartiaux (1886, 1888-1891). — Sciana (1884). — Thomas (1893-1896). — De la Touanne (1892-1895). — De Valbreuze (1907-1910). — *Vaschy* (1889-1892). — Violet (1893-1894). — Vivarez (1886-1888).

TRÉSORIERS.

Clérac (1894-1896). — *A. Gaiffe* (1884). — *J.-A. Gauthier-Villars* (1884). — *Comte d'Héliand* (1885). — *William Laing* (1884). — *Dumoulin Froment* (1886-1893). — Violet (1896-1913).

# I. — MEMBRES DONATEURS.

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| <b>Berger (G.)</b> .....    | 500,00  |
| <b>Cantacuzène</b> .....    | 800,00  |
| <b>Carpentier</b> .....     | 750,00  |
| <b>Grosselin</b> .....      | 1750,00 |
| <b>Hadamard</b> .....       | 500,00  |
| <b>Hillairet</b> .....      | 850,50  |
| <b>Lemonnier (P.)</b> ..... | 500,00  |
| <b>Romilly (de)</b> .....   | 3000,00 |

# II. — DONNS POUR L'INSTALLATION DU LABORATOIRE.

|                                                                          |          |
|--------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Association amicale des Ingénieurs Électriciens</b> .....             | 500,00   |
| <b>Berger (G.)</b> .....                                                 | 500,00   |
| <b>Classe 62 de l'Exposition de 1889</b> .....                           | 10778,40 |
| <b>Congrès international des Électriciens de 1889</b> .....              | 5067,80  |
| <b>Delaunay-Belleville</b> .....                                         | 5000,00  |
| <b>Feuquières (J.)</b> .....                                             | 100,00   |
| <b>Gramme et Fontaine (H.)</b> .....                                     | 10000,00 |
| <b>Lemonnier</b> .....                                                   | 1000,00  |
| <b>Mildé</b> .....                                                       | 500,00   |
| <b>Postel-Vinay</b> .....                                                | 1000,00  |
| <b>Rochetin (J.)</b> .....                                               | 100,00   |
| <b>Syndicat international des Electriciens, Exposition de 1889</b> ..... | 4249,20  |
| <b>Syndicat professionnel des Industries électriques</b> .....           | 150,00   |
| <b>T</b> .....                                                           | 5,00     |
| <b>Weiller (Lazare)</b> .....                                            | 500,00   |

# III. — SOUSCRIPTION POUR L'INSTALLATION DU LABORATOIRE.

NOVEMBRE 1892.

|                                                                          |          |
|--------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Anonyme</b> .....                                                     | 500,00   |
| <b>Carpentier</b> .....                                                  | 3000,00  |
| <b>Christoffe et C<sup>ie</sup></b> .....                                | 5000,00  |
| <b>Compagnie de Fives-Lille</b> .....                                    | 2500,00  |
| <b>Delaunay-Belleville</b> .....                                         | 1000,00  |
| <b>Eiffel (G.)</b> .....                                                 | 5000,00  |
| <b>Fontaine (H.)</b> .....                                               | 10000,00 |
| <b>Harlé</b> .....                                                       | 1500,00  |
| <b>Lemonnier</b> .....                                                   | 20000,00 |
| <b>Membres du syndicat professionnel des Industries électriques</b> .... | 18875,00 |
| <b>Menier frères</b> .....                                               | 10000,00 |
| <b>Mouchel</b> .....                                                     | 100,00   |
| <b>Romilly (de)</b> .....                                                | 5000,00  |
| <b>Rouart frères et C<sup>ie</sup></b> .....                             | 2000,00  |

S.

5

|                                                                              |          |
|------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Sautter (G.)</b> .....                                                    | 1 500,00 |
| <b>Sautter (L.)</b> .....                                                    | 1 000,00 |
| <b>Schneider et C<sup>ie</sup></b> .....                                     | 5 000,00 |
| <b>Société anonyme d'Éclairage électrique du Secteur de la place Clichy.</b> | 2 500,00 |
| <b>Société alsacienne de constructions mécaniques</b> .....                  | 2 500,00 |
| <b>Thénard (baron)</b> .....                                                 | 3 000,00 |

DONS EN NATURE.

**Hillairet** : Installation de la partie mécanique du Laboratoire.  
**Weyher et Richemond** : Machine à vapeur mi-fixe de 25 chevaux,  
à triple expansion.

IV. — SOUSCRIPTIONS REÇUES EN 1912 ET 1913  
POUR LE LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

|                                                                    |          |
|--------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Alliot et Rol</b> .....                                         | 100,00   |
| <b>Appareillage électrique Grivolos</b> .....                      | 100,00   |
| <b>Association amicale des Ingénieurs-Électriciens</b> .....       | 400,00   |
| <b>Ateliers électriques du Nord et de l'Est</b> .....              | 3 000,00 |
| <b>Audiffred</b> .....                                             | 500,00   |
| <b>Berthelot (D.)</b> .....                                        | 2 50,00  |
| <b>Blondel</b> .....                                               | 400,00   |
| <b>Busson</b> .....                                                | 20,00    |
| <b>Compagnie Continentale des Compteurs</b> .....                  | 1 000,00 |
| <b>Compagnie de Construction Électrique</b> .....                  | 1 000,00 |
| <b>Compagnie de l'Est-Lumière</b> .....                            | 1 000,00 |
| <b>Compagnie de l'Ouest-Lumière</b> .....                          | 1 000,00 |
| <b>Compagnie des Charbons Fabius-Henrion</b> .....                 | 100,00   |
| <b>Compagnie du secteur de la Rive gauche</b> .....                | 100,00   |
| <b>Compagnie Électrique de la Loire</b> .....                      | 500,00   |
| <b>Compagnie Électrique du Nord</b> .....                          | 400,00   |
| <b>Compagnie Electro-Mécanique</b> .....                           | 1 000,00 |
| <b>Compagnie française des Câbles télégraphiques</b> .....         | 400,00   |
| <b>Compagnie française des Lampes à incandescence</b> .....        | 200,00   |
| <b>Compagnie française des Métaux</b> .....                        | 200,00   |
| <b>Compagnie française Thomson-Houston</b> .....                   | 2 000,00 |
| <b>Compagnie générale d'Électricité de Creil</b> .....             | 2 000,00 |
| <b>Compagnie générale de travaux d'Éclairage et de Force</b> ..... | 200,00   |
| <b>Compagnie générale de Lumière et de Traction</b> .....          | 100,00   |
| <b>Compagnie parisienne de l'Air Comprimé</b> .....                | 500,00   |
| <b>Compagnie parisienne de Distribution d'Électricité</b> .....    | 4 000,00 |
| <b>Compagnie pour la Fabrication des Compteurs</b> .....           | 4 000,00 |
| <b>Debauge</b> .....                                               | 200,00   |
| <b>Delafon</b> .....                                               | 100,00   |
| <b>Dinin</b> .....                                                 | 100,00   |
| <b>Énergie Électrique du centre</b> .....                          | 500,00   |



|                                                                           |         |
|---------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>Énergie Electrique du Nord de la France</b> .....                      | 500,00  |
| <b>Gaiffe</b> .....                                                       | 100,00  |
| <b>Geoffroy et Delore</b> .....                                           | 1000,00 |
| <b>Giros et Loucheur</b> .....                                            | 500,00  |
| <b>Grosselin</b> .....                                                    | 400,00  |
| <b>Hillairet-Hugnet</b> .....                                             | 1000,00 |
| <b>Keller</b> .....                                                       | 100,00  |
| <b>Leclanché et C<sup>ie</sup></b> .....                                  | 400,00  |
| <b>Legouez</b> .....                                                      | 250,00  |
| <b>L'Union Électrique</b> .....                                           | 100,00  |
| <b>Maison Bréguet</b> .....                                               | 1000,00 |
| <b>Maison Rousselle et Tournaire</b> .....                                | 500,00  |
| <b>Mildé et C<sup>ie</sup></b> .....                                      | 200,00  |
| <b>Omnium Lyonnais</b> .....                                              | 500,00  |
| <b>Rateau</b> .....                                                       | 200,00  |
| <b>Richard (Jules)</b> .....                                              | 250,00  |
| <b>Schneider et C<sup>ie</sup></b> .....                                  | 3500,00 |
| <b>Société alsacienne de Constructions mécaniques</b> .....               | 3000,00 |
| <b>Société d'Éclairage et de Force par l'Électricité</b> .....            | 1000,00 |
| <b>Société d'Électricité de Paris</b> .....                               | 3000,00 |
| <b>Société française de l'Accumulateur Tudor</b> .....                    | 500,00  |
| <b>Société française des Applications industrielles</b> .....             | 1000,00 |
| <b>Société française d'Incandescence par le Gaz</b> .....                 | 600,00  |
| <b>Société générale d'Entreprises</b> .....                               | 500,00  |
| <b>Société industrielle des Téléphones</b> .....                          | 500,00  |
| <b>Société « l'Air liquide »</b> .....                                    | 400,00  |
| <b>Société « Le Matériel téléphonique »</b> .....                         | 100,00  |
| <b>Société « Le Triphasé »</b> .....                                      | 1000,00 |
| <b>Société pour l'Industrie des Chemins de fer</b> .....                  | 3000,00 |
| <b>Société roubaisienne d'Éclairage par le Gaz et l'Électricité</b> ..... | 500,00  |
| <b>Tréfileries et Laminoirs du Havre</b> .....                            | 2000,00 |

V. — LEGS.

|                      |            |
|----------------------|------------|
| <b>Cheux</b> .....   | 37 969,20  |
| <b>Giffard</b> ..... | 100 000,00 |
| <b>Hughes</b> .....  | 50 000,00  |

VI. — SUBVENTIONS A L'ÉCOLE DE 1893 AU 1<sup>er</sup> AVRIL 1913.

|                      |         |
|----------------------|---------|
| <b>Anonyme</b> ..... | 2000,00 |
| <b>Anonyme</b> ..... | 200,00  |
| <b>Anonyme</b> ..... | 500,00  |
| <b>Anonyme</b> ..... | 600,00  |
| <b>Anonyme</b> ..... | 1000,00 |
| <b>Azaria</b> .....  | 1000,00 |

|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Bergaud.....                                                                | 3 000,00  |
| Bischoffsheim.....                                                          | 10 000,00 |
| Bochet.....                                                                 | 1 800,00  |
| Bonaparte (prince Roland).....                                              | 15 000,00 |
| Canet.....                                                                  | 5 000,00  |
| Carpentier.....                                                             | 16 000,00 |
| Chambre de Commerce de Paris.....                                           | 9 500,00  |
| Christoffe et C <sup>ie</sup> .....                                         | 12 000,00 |
| Compagnie F.-A.-C. ....                                                     | 1 000,00  |
| Compagnie de Fives-Lille.....                                               | 2 000,00  |
| Compagnie continentale Edison.....                                          | 17 500,00 |
| Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz..... | 42 50,00  |
| Compagnie pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.....             | 17 000,00 |
| Corbin.....                                                                 | 200,00    |
| Cornuault.....                                                              | 1 000,00  |
| Da et Duthil.....                                                           | 500,00    |
| Desroziers.....                                                             | 2 500,00  |
| Eiffel.....                                                                 | 6 000,00  |
| Farcot.....                                                                 | 500,00    |
| Fontaine (H.).....                                                          | 2 500,00  |
| Frédéric-Moreau.....                                                        | 100,00    |
| Garnier.....                                                                | 2 50,00   |
| Hattat.....                                                                 | 500,00    |
| Herbault.....                                                               | 500,00    |
| Hillairet.....                                                              | 1 100,00  |
| Maison Breguet.....                                                         | 6 000,00  |
| Mascart (Ch.).....                                                          | 4 000,00  |
| Ménier (H.).....                                                            | 14 000,00 |
| Mors.....                                                                   | 1 000,00  |
| Picou.....                                                                  | 7 50,00   |
| Porgés.....                                                                 | 2 000,00  |
| Postel-Vinay.....                                                           | 13 500,00 |
| Romilly (de).....                                                           | 15 000,00 |
| Rothschild (baron E. de).....                                               | 17 000,00 |
| Rouart.....                                                                 | 100,00    |
| Routin.....                                                                 | 300,00    |
| Sabatier.....                                                               | 1 000,00  |
| Santerre.....                                                               | 12 500,00 |
| Sautter-Harlé.....                                                          | 15 500,00 |
| Schneider et C <sup>ie</sup> .....                                          | 47 50,00  |
| Société anonyme du secteur électrique de la place Clichy.....               | 500,00    |
| Société alsacienne de Constructions mécaniques.....                         | 500,00    |
| Société anonyme des anciens Établissements Cail.....                        | 2 50,00   |
| Société Cance.....                                                          | 7 50,00   |
| Société d'Éclairage et de Force par l'Électricité.....                      | 700,00    |
| Société française de Physique.....                                          | 1 500,00  |
| Société Gramme.....                                                         | 18 000,00 |

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| Société industrielle des Téléphones .....                        | 5 000,00  |
| Société pour la Transmission de la Force par l'Électricité ..... | 200,00    |
| Société pour le travail électrique des métaux .....              | 500,00    |
| Springer et C <sup>ie</sup> .....                                | 200,00    |
| Ténichief (prince) .....                                         | 2 000,00  |
| Ville de Paris .....                                             | 24 000,00 |
| Weiller (Lazare) .....                                           | 1500,00   |

#### VII. — OBLIGATIONS ET COUPONS ABANDONNÉS.

|                                             |         |
|---------------------------------------------|---------|
| Bernheim .....                              | 410,72  |
| Bovet (de) .....                            | 200,00  |
| Chapat .....                                | 10,72   |
| Chaperon .....                              | 124,12  |
| Coiseau .....                               | 257,28  |
| Desroziers .....                            | 13,40   |
| Ducoussou .....                             | 37,52   |
| Gallini .....                               | 100,00  |
| Hillairet .....                             | 500,00  |
| Hirsch .....                                | 5000,00 |
| Javaux .....                                | 289,44  |
| Mildé .....                                 | 16,08   |
| Sartiaux (E.) .....                         | 61,64   |
| Société du Secteur de la place Clichy ..... | 410,72  |
| Violet .....                                | 131,32  |
| Violle .....                                | 100,00  |

#### VIII. — DIVERS.

|                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| Anonyme .....                                             | 100,00    |
| Braby .....                                               | 5,00      |
| Classe 23 de l'Exposition de 1900 .....                   | 25 360,50 |
| Classe 25 de l'Exposition de 1900 .....                   | 4500,00   |
| Classe 25 de l'Exposition de 1900 et M. H. Fontaine ..... | 1000,00   |
| Classe 27 de l'Exposition de 1900 .....                   | 6963,05   |
| Exposition de Liège (M. Eug. Sartiaux) .....              | 3085,00   |
| Fontaine (H.) .....                                       | 400,00    |
| Hughes (D.-E.) .....                                      | 20,00     |
| Poincaré (L.) .....                                       | 50,00     |
| Revue l' « Éclairage électrique » .....                   | 86,00     |
| Rochetin .....                                            | 205,00    |
| Rothschild (baron A. de) .....                            | 250,00    |
| Rothschild (baron E. de) .....                            | 250,00    |
| Rothschild (baron G. de) .....                            | 250,00    |
| Sartiaux (Eug.) .....                                     | 1230,00   |
| Violet .....                                              | 58,50     |



## LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES

(Année 1914).

*Les noms des Membres fondateurs sont suivis des lettres M. F. ; ceux des Membres donateurs des lettres M. D. ; ceux des Membres perpétuels (cotisations libérées) des lettres M. P. ; ceux des Membres honoraires des lettres M. H.*

N. B. — MM. les Membres sont priés de vouloir bien adresser au Secrétariat les corrections à introduire dans la présente liste.

- 
- Abraham** (Henri), Professeur à la Sorbonne, délégué à l'École Normale supérieure, 45, rue d'Ulm, à Paris, 5<sup>e</sup>. M. P.
- Adam** (Alfred), Ingénieur I. E. N., Directeur de l'Usine de l'Electrolyse française, 125, route de Flandres, Le Bourget (Seine).
- Adams** (William-Grylls), Professeur, F. R. S., Heathfield, Broadstone Dorset (Angleterre). M. F.
- Aguerre** (José-Maria), 40, boulevard des Invalides, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Alaune** (Louis), Ingénieur électricien E. P. E. I., attaché au Service électrique des Chemins de fer de l'État, 108, rue Lepic, à Paris, 18<sup>e</sup>.
- Albrand** (Emmanuel), Ingénieur à la Société énergie électrique du Littoral méditerranéen, Chef d'exploitation du Réseau du Var, 38 bis, Grand Chemin de Toulon, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Alby** (Amédée-Marie-Joseph), Ancien Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 41 bis, boulevard Lannes, à Paris, 16<sup>e</sup>. M. P.
- Alglave** (Émile), 27, avenue de Paris, à Versailles (Seine-et-Oise). M. F.
- Aliamet** (Maurice), Licencié ès Sciences, Ingénieur des Services électriques au Chemin de fer du Nord, 46, rue de la Concorde, à Asnières (Seine).
- Alizan** (Marcel), Ingénieur, 6, rue Mansart, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Allain-Launay** (Edmond), Ancien élève de l'Ecole Polytechnique, Ingénieur en chef des Services électriques de la Compagnie générale du gaz pour la France et pour l'Étranger, 4, rue Gounod, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Allaire** (Edmond-L.-D.), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, 18, rue Flatters, à Paris, 5<sup>e</sup>. M. F.
- Alliot** (R.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de câbles électriques, 38, rue de Reuilly, à Paris, 12<sup>e</sup>.
- Almeida Lisbôa** (Joaquim-Ignacio de), Professeur au Gymnase national, Ingénieur-Conseil de la Compagnie Brésilienne d'Énergie électrique et de la Maison Gungle et C<sup>te</sup>, Caixa postal, 1111, à Rio-de-Janeiro (Brésil).
- Altmayer** (Jean-André), Ingénieur, 416, Saint-Nicholas-Building, à Montréal (Canada).
- Amarante** (Alvaro-Joaquim de), Lieutenant de Génie de l'Armée Brésilienne, 1, rue Paul Saunière, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Ambly** (René d'), Directeur de l'Usine de Calypso de la C<sup>te</sup> des Produits Chimiques d'Alais et de la Camargue, à Saint-Michel-de-Maurienne (Savoie).
- Ambrières** (Georges-Marie-Symphorien-Eugène Gouin d'), Ingénieur des Arts et

- Manufactures, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 4 bis, rue Gounod, à Saint-Cloud (Seine-et-Oise).
- Ameye** (Camille), à Iseghem (Belgique). M. F.
- Amiaud** (Pierre-Paul), 36, rue Grangeneuve, à Bordeaux (Gironde).
- Amiot** (Ignace), Electricien, 11, rue du Lunain, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Amoudruz** (Arthur), *Bureau de Représentations industrielles*, 39, rue des Acacias, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Ancel** (Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur électricien, 91, boulevard Pereire, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- André** (Émile-Louis), Licencié ès sciences, Ingénieur E. S. E., Ingénieur aux *Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est*, à Jeumont (Nord).
- André** (Henri-Émile-Alphonse), Ingénieur, Vice-Président du Conseil d'Administration de la *Société anonyme Le Matériel téléphonique, ancienne maison G. Aboilard et Cie*, 4 bis, avenue de Ségur, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Angé** (Émile) Ingénieur à l'*Omnium lyonnais des Chemins de fer et de Tramways*, 34, boulevard de Clichy, à Paris, 18<sup>e</sup>.
- Anglade** (Jean-Joseph-Albert), Chef d'Escadron au 3<sup>e</sup> rég. d'Artillerie, à Castres (Tarn).
- Archat** (Paul), 14, rue Saint-Victor, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Argyropoulos** (Constantin), Ingénieur à la *Cie hellénique d'Électricité*, 10, rue Polygnote, à Athènes (Grèce).
- Armagnat** (H.), Ingénieur-Conseil, Expert près le *Tribunal civil de la Seine*, 67, rue du Ranelagh, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Armengaud aîné** (Charles-Eugène), 21, boulevard Poissonnière, à Paris, 2<sup>e</sup>. M. F.
- Armengaud jeune**, Ingénieur civil, 23, boulevard de Strasbourg, à Paris, 10<sup>e</sup>. M. F. M. P.
- Armet** (Henri-Joseph-Simon), Capitaine du Génie, ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 21, rue Lacapelle, à Montauban (Tarn-et-Garonne).
- Arno** (Riccardo), Ingénieur, Professeur *R. Istituto Tecnico Superiore*, à Milan (Italie).
- Arnould** (Charles-Henri), Chef d'escadron d'Artillerie, Sous-Directeur technique de l'*Atelier de construction de Bourges*, à Bourges (Cher). M. P.
- Arnoux** (René), Ingénieur-Constructeur, 45, rue du Ranelagh, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Arquembourg** (Charles), Ingénieur délégué de l'*Association des Industriels du nord de la France*, 9, rue des Ponts-de-Comines, à Lille (Nord).
- Arsonval** (Dr A. d'), Membre de l'Institut, Professeur au *Collège de France*, Directeur du *Laboratoire de Physique biologique*, 49 bis, avenue de la Belle-Gabrielle, à Nogent-sur-Marne. M. F. M. P.
- Artigas Sanz** (J. Antonio de), Directeur général de la *S<sup>te</sup> anonyme Luz-Moore-Artigas*, Docteur Ingénieur Mécanico y electricista, 4, Arrieta, à Madrid (Espagne).
- Arvis** (René), 19, boulevard Saint-Marcel, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Association amicale des anciens élèves diplômés de l'Institut électrotechnique de l'Université de Lille**, 43, boulevard Carnot, à Lille (Nord).
- Association amicale des Ingénieurs, anciens élèves de l'Institut électrotechnique et de Mécanique appliquée de Nancy**, 2, rue de la Citadelle, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Association des Anciens élèves de l'Institut électrotechnique de Grenoble**, 20, Grande-Rue, à Grenoble (Isère).

**Association des Propriétaires d'Appareils à vapeur de la Somme et de l'Aisne, de l'Oise** (Service électrique), 41, rue Dufour, à Amiens (Somme).

**Aubert** (Auguste-Jean-Jacques), Inventeur et Constructeur du Compteur horaire d'électricité, *système A. Aubert*, 7, place Saint-François, à Lausanne (Suisse).

**Aubert** (Pierre-Edmond), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur en chef à la *C<sup>ie</sup> Ouest Lumière*, 9, rue Devès, à Neuilly-sur-Seine (Seine).

**Aubry** (E.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Service électrique général de la *Maison Bréguet*, 19, rue Didot, à Paris, 14<sup>e</sup>.

**Aubry** (Jacques-M.-Jules), Ingénieur en chef de la *Compagnie centrale d'Énergie électrique*, 19, quai de la Bourse, à Rouen (Seine-Inférieure).

**Audoux** (Georges), Ingénieur de la *M<sup>on</sup> Jean Côte-Rebé*, 79, rue Lafayette, à Paris, 9<sup>e</sup>.

**Augeraud** (Fernand-Victor-Eugène), Ingénieur des travaux du Jour à la *Société Minière Franco-Russe*, à Dombrowa (Pologne Russe).

**Aujoulet** (René-Alphonse), Ingénieur E. C. P. et E. S. E., 3, rue des Peintres, à Anvers (Belgique).

**Aumont** (Léon-Édouard), 13, rue Saint-Jacques, à Vernon (Eure).

**Aussédât** (Louis-Auguste-Marie), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur général de la *Société des Forces du Fier*, rue de la Préfecture, à Annecy (Haute-Savoie).

M. P.

**Avril** (Charles-Louis-René), Ingénieur électricien, 58, rue Monsieur-le-Prince, à Paris, 6<sup>e</sup>.

M. F.

**Azambre** (Paul-Marie-Gustave), 130, avenue de Suffren, à Paris, 15<sup>e</sup>.

**Azaria**, Ingénieur, 5, rue Boudreau, à Paris, 9<sup>e</sup>.

**Bachon** (Lucien), Ingénieur, 123, rue de la Tour, à Paris, 16<sup>e</sup>.

**Bacqueyrisse** (Louis-François), Ingénieur en chef des tramways de la *Compagnie générale des Omnibus de Paris*, 61, rue Claude-Bernard, à Paris, 5<sup>e</sup>.

**Badon-Pascal** (Georges-Alexandre), Directeur de la *Société anonyme des anciens Établissements Lacarrière*, 52, rue Rennequin, à Paris, 17<sup>e</sup>.

**Bähr** (Georges-Martin-Victor), Ingénieur à la *Compagnie du Chemin de fer de Dakar à Saint-Louis*, 7, rue Théophile-Gautier, à Neuilly-sur-Seine (Seine).

**Baignères** (Gustave), Ingénieur des Services techniques de l'Exploitation des *Chemins de fer de l'Est*, 3, avenue Victor-Hugo, à Paris, 16<sup>e</sup>.

**Baillet** (Ernest), Ingénieur électricien, Administrateur délégué de la *Société hydro-électrique du Guiers*, à Pont-de-Beauvoisin (Isère).

**Bailland** (Edouard-Benjamin), Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes, Directeur de l'*Observatoire*, à l'Observatoire, à Paris, 14<sup>e</sup>.

**Baille** (J.-B.), Répétiteur à l'*École Polytechnique*, 26, rue Oberkampf, à Paris, 11<sup>e</sup>.

M. F. M. P.

**Baillehache** (R.-E.-J. Comte de), Ingénieur des Arts et Manufactures, ancien Élève de l'*École supérieure d'Électricité*, 12, boulevard Pereire, à Paris, 17<sup>e</sup>.

**Bailleur** (Paul-Constant-François-Victor), 8, rue Edme-Guillout, à Paris, 15<sup>e</sup>.

**Bainville** (P.-A.), Capitaine d'Artillerie, 17, rue Française, à Calais (Pas-de-Calais).

**Bancarel** (Pierre-Idesbalde-Marie de), Licencié es-sciences, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 42, rue du Ranelagh, à Paris, 16<sup>e</sup>.

- Bancelin** (Edme-Henry), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur-Conseil, 21, rue Le Verrier, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Banti** (Egisto), Ingénieur à la *Compagnie française Thomson-Houston*, à Lesquines-Lille (Nord).
- Bapst** (Henri), 4, rue Denfert-Rochereau, à Boulogne-sur-Seine (Seine).
- Barbillion** (Louis-Charles), Professeur à la *Faculté des Sciences de Grenoble*, Directeur de l'*Institut électrotechnique de l'Université*, 1, rue Villars, à Grenoble (Isère).
- Barbou** (A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la *Société Gramme*, 28, place Saint-Ferdinand, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Bardin** (Georges), Ingénieur A. et M., E. S. E., 102, rue de Clignancourt, à Paris, 18<sup>e</sup>.
- Bardon** (Louis), 61, boulevard National, à Clichy (Seine).
- Bardot** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur de la *Société anonyme des Forges et Fonderies de Montataire*, Fabricant de produits chimiques, 19, rue Duranton, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Bardy** (Ch.), Directeur du *Laboratoire au Ministère des Finances*, 30, rue Miro-mesnil, à Paris, 8<sup>e</sup>. M. P.
- Bargeton** (Pierre), ancien Élève de l'*École Polytechnique* et de l'*École supérieure d'Électricité*, 45, boulevard du Muy, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Barillot** (Albert-Alexandre-René), Licencié ès Sciences de la *Faculté de Paris*, 9 bis, rue Rieussec, à Viroflay (Seine-et-Oise).
- Barran** (Pierre), Ingénieur E. S. E., à Arès (Gironde).
- Barraud** (Émile-Alphonse), ancien Élève de l'*École Polytechnique* et de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur à la *Compagnie d'Électricité de Marseille*, 17, boulevard National, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Barré** (Gaston-Émile), Ingénieur à l'*Usine centrale de l'Est-Lumière*, 40, rue du Quatorze-Juillet, à Alfortville (Seine).
- Barré** (Pierre), Atelier central des *Tramways de Paris et du Département de la Seine*, Grand Cerf, à Bezons (Seine-et-Oise).
- Barret** (Maurice), 63, rue de la Faisanderie, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Barrière** (Just-Gustave-Camille), Directeur général de la *Société des Ciments Portland artificiels de l'Indo-Chine*, à Haïphong (Tonkin). M. P.
- Barrillon** (Eugène-Adolphe), Ingénieur civil, Directeur technique du *Palais de Glace des Champs-Élysées*, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Barris** (Pierre-Manuel-Guillaume), Ingénieur, Administrateur du *Sud électrique*, du *Sud-Lumière*, de la *Société niçoise d'Électricité*, de la *Société avignonnaise d'Électricité*, 7, rue Rosa-Bonheur, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Barrody** (Jean), Constructeur électricien, 38, rue d'Alésia, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Barros-Fernandez** (Georges), Inspecteur-administrateur de la *Société générale d'électricité industrielle*, Huerfanos, 1328, Casilla 1824, à Santiago (Chili).
- Barthel** (Roger-Albert), Ingénieur E. S. E., Sergent radiotélégraphiste, Chef de poste de T.S.F., à Belfort (Haut-Rhin).
- Barthélemy** (Eugène-Léon-Pierre), Ingénieur de la traction et du matériel roulant à la *Compagnie des Tramways de Paris et du département de la Seine*, 9, boulevard d'Argenson, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Bary** (Paul), Ingénieur-Conseil, 15, rue de l'Entrepôt, à Paris, 10<sup>e</sup>.



**Basch** (Eugène), ancien Élève de l'*École Polytechnique* et de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur à la *Société d'Applications Industrielles*, Secrétaire général de l'*Est électrique*, 4, rue Léonce-Raynaud, à Paris, 16°.

**Bascon** (Alexandre), 21, rue de Vouillé, à Paris, 15°.

**Bassée** (Charles), Ingénieur civil, 4, avenue de la Dame-Blanche, à Fontenay-sous-Bois (Seine).

**Basset** (Raoul-Marie-Auguste-Eugène), Ingénieur, Directeur de la *Société Française de Force et Lumière électriques*, 3, rue Charles Sorieul, à Bolbec (Seine-Inférieure).

**Baudis** (Albert), Ingénieur à la *Compagnie de Commentry, Fourchambault, Decazeville*, à Decazeville (Aveyron). M. P.

**Baudot** (Victor-Marie), Ingénieur, Conseil de l'*Université de Paris*, Expert près le *Tribunal de 1<sup>re</sup> instance de la Seine*, 63, rue Lecourbe, à Paris, 15°.

**Baudouin** (Édouard-Louis), Ingénieur E.S.E.P., Directeur de l'*Usine d'Électricité de Fontainebleau*, 1, rue de la Haute-Bercelle, à Avon-Fontainebleau (Seine-et-Marne).

**Baudran** (Émile-Paul-Édouard), Capitaine du Génie, *Établissement Central du Matériel de la Télégraphie Militaire*, 10, rue Valentin Haüy, à Paris, 15°.

**Bauman** (Jean), 14, rue du Lunain, à Paris, 14°.

**Baux** (Adolphe), Administrateur délégué de la *Société de l'Accumulateur Tudor*, 26, rue de la Bienfaisance, à Paris, 8°.

**Bax** (Louis-Joseph-Jules), Ingénieur électricien à la *Maison Harlé et C<sup>ie</sup>*, 10, Quai des Célestins, à Paris, 4°.

**Bayle** (Félix-L.-A.), Ingénieur aux *Aciéries et Forges de Firminy*, à Firminy (Loire).

**Beau** (Henri), 46, rue de la Boétie, à Paris, 8°. M. F.

**Beaudier** (Albert-Marcel), Ingénieur de la *Société d'appareillage électrique Grivolat*, 268, avenue Daumesnil, à Paris, 12°.

**Beaufond** (Jean-Marie-Louis-Constantin de), 4, rue Férou, à Paris, 6°.

**Beaujard** (Louis-Georges), Ingénieur à l'*Association lyonnaise des Propriétaires d'Appareils à vapeur*, 320, avenue de Saxe, à Lyon (Rhône).

**Beausobre** (Emmanuel-Henri de), Chef de service à la *Lampe Osram*, 15, rue Chomel, à Paris, 7°.

**Beauvois-Devaux** (André), Administrateur de l'*Ouest-Lumière*, Président de la *Compagnie de Locations électriques*, Trésorier de l'*Union des Syndicats de l'Électricité*, 7, avenue Gourgaud, à Paris, 16°.

**Becker** (Barthélemy-Joseph), Constructeur électricien, 18, aven. de Tourville, à Paris, 7°.

**Becq** (Louis-Albert), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, 142, rue de Rennes, à Paris, 6°.

**Béde** (Émile), ancien Professeur à la *Faculté des Sciences* et à l'*École des Mines de Liège*, 10 et 11, square Gutenberg, à Bruxelles (Belgique). M. F.

**Beghin** (Auguste-J.-A.), Professeur à l'*École nationale des Arts industriels de Roubaix* (cours de Chimie, Physique générale, Électricité industrielle), 30, rue Saint-Antoine, à Roubaix (Nord).

**Bele** (Adrien-Edmond-Théodore), Officier d'Artillerie coloniale, 11, rue des Belles-Feuilles, à Paris, 16°.

**Belfils** (Georges-Frédéric), Ingénieur à Dampierre-les-Bois, par Fesche-le-Châtel (Doubs).

**Bellaigue** (François-Joseph de), 1, rue de Narbonne, à Paris, 7°.

- Bellet** (Claude-Pierre-Henri), Ingénieur civil, 35, quai Saint-Vincent, à Lyon (Rhône).
- Belleville** (Jacques-Alphonse), Chef d'Usine à la *Société des Usines hydro-électriques des Hautes-Pyrénées*, à Villelongue (Hautes-Pyrénées).
- Bellini** (Hector), Ingénieur électricien, Docteur ès Sciences, 49 *bis*, boulevard Cotte, à Enghien-les-Bains (Seine-et-Oise).
- Bellon** (Jean-Joseph-Marie), Ingénieur E. S. E., Licencié ès sciences, Ingénieur à la *Compagnie du Bourbonnais*, villa Val-Rose, 96, avenue des Célestins à Vichy (Allier).
- Bellet** (Louis-D.), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, ex-Ingénieur de la *Compagnie française Thomson-Houston*, Entrepreneur d'*installations hydrauliques et électriques*, 3, boulevard Richard-Lenoir, à Paris, 11<sup>e</sup>.
- Belot** (Jacques), Ingénieur civil des Mines, Attaché aux Services électriques des *Chemins de fer de l'État*, 32, rue La Fontaine, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Belugou** (Victor), Ingénieur en chef des Postes et des Télégraphes, 103, rue de Grenelle, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Bennecke** (Hugo), Ingénieur électricien, 5, rue de Sannois, à Ermont (Seine-et-Oise.)
- Benoist** (Georges), 169, boulevard Malesherbes, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Benoist** (Jules), Capitaine du Génie, 8, rue Valentin-Haüy, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Benoît** (R.), Directeur du *Bureau international des Poids et Mesures*, Pavillon de Breteuil, à Sèvres (Seine-et-Oise). M. H.
- Bentley** (Sidney-Littledal), chez H. W. Butler et C<sup>ie</sup>, Craven Hoube Kingsway, Londres W. C. (Angleterre).
- Bérard**, (René), Lieutenant de vaisseau en retraite, à Villadon, par Buzançais (Indre). M. P.
- Béranger** (Adrien-Fernand), Ingénieur E.S.E., 59, chemin d'Harly, à St-Quentin (Aisne).
- Berenguer** (Louis), Ingénieur, Fabricant de porcelaines, 207, Consejo de Ciento, à Barcelone (Espagne).
- Bergeon** (Paul), Ingénieur, Sous-Directeur de l'*Institut électrotechnique de Grenoble*, 8, place Victor-Hugo, à Grenoble (Isère).
- Berger** (Maurice), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Chef de Laboratoire à la *Société Industrielle des Téléphones*, 11 *bis* avenue de Versailles, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Bergeron** (Louis), Directeur technique de la *Maison Farcot frères et C<sup>ie</sup>*, 14, boulevard Ornano, à Paris, 18<sup>e</sup>.
- Bergès** (Gabriel), Constructeur électricien, *Maison Bisson, Bergès et C<sup>ie</sup>*, 38, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Bergonié** (Dr Jean-Alban), Professeur de clinique d'Électricité médicale de l'Université de Bordeaux, 6 *bis*, rue du Temple, à Bordeaux (Gironde).
- Berhaut** (Eugène-Pierre-Marie), Mécanicien principal de 1<sup>re</sup> classe de la Marine, 26, rue des hauts Sablons à Saint-Servan (Ile-et-Vilaine).
- Berland** (Louis), Ingénieur à la *Compagnie d'Electricité de l'Ouest-Lumière*, 8, rue Merlin-de-Thionville, à Suresnes (Seine).
- Berne** (Joseph-Marie), Représentant de la *Maison J.-A. Berne*, fabricant de charbons pour l'électricité, 68 *bis*, rue de Lagny, à Montreuil-sous-Bois (Seine).
- Berné** (Auguste-Théophile), Chef des *Services électriques de la Force motrice et de l'entretien aux Établissements de Dion-Bouton*, 39, rue de la Rangée, à Garches (Seine-et-Oise).

- Berrier** (Maurice), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur à la *Société l'Eclairage Electrique*, 23, rue de Saint-Vincent-de-Paul, à Paris, 10<sup>e</sup>.
- Bertail** (Étienne), Ingénieur E.S.E., Ingénieur à la *Société « Le Matériel téléphonique »*, 133, rue de Vaugirard, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Berthelot** (Daniel-P.-A.), Professeur à l'*Université de Paris*, 168, boulevard Saint-Germain, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Berthet** (Marcel-Louis), Ingénieur de la *Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston* (Bureau de Marseille), 4, place de la Corderie, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Berthier** (Alfred-Louis), Ingénieur, chef du *Service électrique des Hauts Fourneaux de Saulnes*, à Saulnes (Meurthe-et-Moselle).
- Berthon** (J.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur de la *Société d'Applications industrielles*, Administrateur de la *Compagnie d'Électricité de l'Est parisien*, 94, rue Saint-Lazare, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Berthon** (Louis-Alfred), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur de la *Société Industrielle des Téléphones*, 51, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris, 9<sup>e</sup>.  
M. P.
- Bertin** (Henri), Ingénieur E.P.E.I., E.S.E., à Domeyrat, par Paulhaguet (Haute-Loire).
- Bertoye** (Louis), Administrateur délégué de la *Société Hydro-Électrique de la Haute-Bourne*, 10, rue Docteur Mazet, à Grenoble (Isère).
- Bertrand** (Emile-Louis), Ingénieur adjoint à la direction, de la *Compagnie des Chemins de fer de la Camargue*, 20, rue de Staël, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Bertrand de Broussillon** (Henry-Xavier), Lieutenant au 42<sup>e</sup> régiment d'Infanterie, à La Fère (Aisne).  
M. P.
- Besana** (François), 37, rue Poussin, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Besombes** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Concessionnaire de l'éclairage électrique à Moret-sur-Loing, Représentant de la *Société des anciens Établissements Luc, Court et C<sup>te</sup>*, Associé de la *Maison Besombes et Noël*, graveurs et estampeurs, 8, rue de Valenciennes, à Paris, 9<sup>e</sup>.  
M. P.
- Besseige** (Jean-Paul-François), Ingénieur adjoint au Directeur de l'*Usine des Clavaux*, *Compagnie universelle d'acétylène et d'électrometallurgie*, Les Clavaux, par Rioupéroux (Isère).
- Besson** (Louis-Henri), Ingénieur, Ancien Ingénieur de la *Maison Sautter-Harlé et C<sup>te</sup>*, ancien Chef du *Service des turbines à vapeur aux Mines de Lens*, Ingénieur des Services électromécaniques de la *Société des Forges et Aciéries, de Huta-Bankowa*, à Dombrowa (Pologne Russe) et 91, rue Saint-Lazare, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Besson** (Louis-Paulin), Lieutenant de vaisseau, commandant le sous-marin « Newton », à Rochefort-sur-Mer (Charente-Inférieure).
- Besson** (Paul-Jules-Auguste), Ingénieur des Arts et Manufactures, Lauréat et ancien Membre du Comité de la *Société des Ingénieurs civils de France*, Administrateur délégué de la *Société Centrale de Produits Chimiques*, 59, rue Boissière, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Bethenod** (Joseph-Frédéric-Julien), Ingénieur Conseil, 50, boulevard Saint-Germain, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Bianu** (Basile), *Laboratoire Curie*, 3, rue de Vaugirard, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Bickart** (Louis), Ingénieur, 125, rue de Rome, à Paris, 17<sup>e</sup>.

- Bidet** (Victor-Alphonse), Ingénieur civil des Mines, 20, quai de la Mégisserie, à Paris, 6°. M. P.
- Bidwell** (Shelford), Dr F. R. S., « Beechmead » Oatlands Chase Weybridge (Angleterre). M. F. M. P.
- Biles** (Prosper), Directeur de la *Compagnie centrale d'Éclairage et de Transport de force par l'Électricité*, 23, cours Jean-Penicaud, à Limoges (Haute-Vienne).
- Binet** (Paul), Chef d'escadron au 36<sup>e</sup> régiment d'Artillerie, 45, avenue Croix-Morel, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- Bion** (Eugène-Louis-Joseph), Lieutenant de vaisseau, Professeur à l'*École navale*, 8, rue Cœtlogon, à Paris, 6°. M. P.
- Bioy** (Jean-Baptiste-Paul), Ingénieur E.S.E., 29, rue du Pont-Mouja, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Bitterli** (Émile), Directeur de la *Compagnie générale d'Électricité*, 1, avenue Émile-Deschanel, à Paris, 7°.
- Biver** (Louis-P.-A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Sous-Ingénieur du Service des Signaux et de l'Électricité à la *Compagnie de l'Est*, 69, rue Oberkamp à Paris, 11°.
- Bizet** (Simon-Paul), Directeur général des stations centrales de la *Compagnie générale d'Électricité*, 47, rue des Mathurins, à Paris, 8°.
- Blachas** (Henri), Enseigne de vaisseau, 21, avenue Vauban, à Toulon (Var).
- Blaché** (Paul-Louis-Auguste), Ingénieur de la *Société Française Sprague*, 12, boulevard Péreire, à Paris, 7°.
- Blain** (Paul-Achille), 41, Lee Terrace Blackheath, à Londres S.E. (Angleterre).
- Blanc** (Clotaire-Victor), Officier mécanicien de la Marine nationale, 54, rue Puvis-de-Chavannes, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Blanc** (Edmond-Émile-Pierre), Ingénieur civil des Mines, Concessionnaire des *Mines de fer et manganèse du Jaur*, 22, avenue de la Gare, à Bédarieux (Hérault).
- Blanchet** (Arthur), Ingénieur à la *Compagnie pour la fabrication des compteurs*, 3, rue Albert-de-Lapparent, à Paris, 7°. M. P.
- Blanchet** (Hector-Augustin), Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de papiers, *Maison Blanchet frères et Kléber*, Administrateur de la *Compagnie des Chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée*, à Rives (Isère).
- Blanchon**, Ingénieur, 55, rue Nollet, à Paris, 17°.
- Blasberg** (Eugène), Directeur de l'*Usine de Langenargen*, 102, Erwinstr, à Fribourg-en-Brigau (Grand-Duché de Bade).
- Bligny** (Joseph), Administrateur délégué de l'*Omnium français d'Electricité*, Concessionnaire ou Gérant de *Secteurs électriques*, 159, boulevard Pereire à Paris, 17°.
- Bloch** (Dr Adolphe), 24, rue d'Aumale, à Paris, 9°.
- Bloch** (Emmanuel), Ingénieur principal de la *Maison Breguet*, 18, rue du Regard, à Paris, 6°.
- Bloch** (Marcel-L.), Ingénieur des constructions civiles, Sous-Directeur de la *Banque transatlantique*, 42, rue de la Bienfaisance, à Paris, 8°.
- Bloch-Sée** (Alfred-Henri-François), Directeur Commercial de la *Société d'Électricité Mors*, 11, rue de Saint-Pétersbourg, à Paris, 8°.
- Blondeau** (Jules), Électricien, 15, villa Saint-Jacques, à Paris, 14°.
- Blondel** (André-Eugène), Membre de l'Institut, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Professeur à l'*École nationale des Ponts et Chaussées*, Président

- d'honneur de la *Société internationale des Électriciens*, 41, avenue de La Bourdonnais, à Paris, 7°. M. P.
- Blondel** (Louis-André), de la *Maison Blondel et Crépin*, Constructeurs électriciens, 31 à 45, boulevard Baraban, à Amiens (Somme).
- Blondin** (J.), Professeur au *Collège Rollin*, Directeur technique de *La Revue électrique*, 171, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris, 9°.
- Blondin** (Maurice-Léon), Ingénieur-Electricien, 171, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris, 9°. M. P.
- Blot** (Paul-Émile), Capitaine d'Artillerie, *Direction de l'Artillerie de Terre*, à Brest (Finistère).
- Bochet** (Adrien-Claude-Antoine-Marie), Ingénieur des Arts et Manufactures, 2, rue Scheffer, à Paris, 16°. M. P.
- Bochet** (Louis), Ingénieur, Administrateur Délégué de la *Maison Frédéric Fouché*, de Paris, 7, rue de la Mairie, à Nogent-sur-Marne (Seine).
- Bochet** (Marcel), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Société des Moteurs thermiques*, 25, boulevard de Grenelle, à Paris, 15°. M. P.
- Bocquet** (Émile-Louis), Inspecteur des Services techniques de l'Exploitation des Chemins de fer P.-L.-M., 20, boulevard Diderot, à Paris, 12°.
- Boell** (Camille-Henri), ancien Ingénieur en chef des Mines, Administrateur des *Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est*, Administrateur-Directeur de la *Société Électricité et Gaz du Nord*, 167, boulevard Malesherbes, à Paris, 17°.
- Boilevin** (Jules), Ingénieur électricien (E. S. E.), 34, boulevard du Temple, à Paris, 11°.
- Boireaux**, Lieutenant de vaisseau en retraite, à Herblay (Seine-et-Oise). M. F.
- Boissard** (Jean), 6, rue Cassette, à Paris, 6°.
- Boisserand** (Philibert), Directeur de la *Station centrale d'Électricité de Compiègne*, 88, avenue Mozart, à Paris, 9°. M. P.
- Boissonnas** (Auguste), Administrateur-délégué de la *Société Française des Forces hydrauliques du Rhône*, 11, Chevillarde, à Genève (Suisse).
- Boistel** (Ernest), Ingénieur-Expert, Expert près les *Cours et les Tribunaux de la Seine*, 46 bis, avenue d'Orléans, à Paris, 14°. M. F.
- Boitel** (Louis-Albert), Professeur au *Lycée Lakanal*, 4, rue Houdan, à Sceaux (Seine).
- Bonaparte** (Prince Roland), Membre de l'Institut, 10, avenue d'Iéna, à Paris, 16°.
- Bonfante** (F.), Ingénieur électricien, 190, boulevard Pereire, à Paris, 17°. M. F.
- Bonnécuelle** (Adrien-Charles), 14, rue de Staël, à Paris, 15°.
- Bonnet** (Joseph), Ingénieur des Arts et Manufactures, 16, avenue de la Grande-Armée, à Paris, 17°.
- Bonnouvrier** (Alexandre-Louis), Ingénieur des Arts et Métiers, Installations électriques générales, 14, rue de Chateau-Landon, à Paris, 10°.
- Bons** (Henri-Georges), ancien élève de l'*École Polytechnique* et de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur civil, Expert près les tribunaux, 13, rue du Maréchal-Soult, à Alger (Algérie).
- Bordé** (Paul-Alphonse), Ingénieur opticien, 99, boulevard Haussmann, à Paris, 8°.
- Borderel** (Jean), Constructeur, 135, rue de Clignancourt, à Paris, 18°.
- Bordet** (Lucien), ancien Inspecteur des Finances, Administrateur de la *Compagnie des Forges de Châtillon-Commentry*, 181, boulevard Saint-Germain, à Paris, 7°. M. P.
- Bordier** (Gustave), Ingénieur en chef de la *Société Nantaise d'éclairage et de force par l'Électricité*, 16, rue de Lamoricière, à Nantes (Loire-Inférieure).

- Boreau** (Gabriel), Ingénieur, Sous-Directeur des Ateliers de la *Maison Breguet*, 42, rue de l'Abbaye-des-Prés, à Douai (Nord).
- Borel** (Charles-François), Docteur ès sciences, à Cortaillod (Suisse).
- Borel** (Dr François), Ingénieur, à Cortaillod (Suisse). M. F.
- Borel** (Hermann-H.), Ingénieur à la *Société anonyme Westinghouse*, 71, rue de Chaillot, à Paris, 8°.
- Borges** (F.-Julio), Agronome, Collaborateur du *Portugal Agricola*, vila Nova Estefania (J.G.M.), 2° D, à Lisbonne (Portugal). M. F.
- Boris** (Rolland), Ingénieur de la Marine à la *Section Technique des Constructions Navales au Ministère de la Marine*, 2, rue de la Muette, à Paris, 16°.
- Bornand** (Edgard-Louis), Associé de la *Société Armand D. Rivière et C<sup>te</sup>*, Administrateur délégué de la *Société d'Applications du Béton Armé*, Administrateur délégué de l'*Électricité d'Anjou*, 11, rue de Belzunce, à Paris, 7°.
- Borrel** (Georges-Arsène), Horloger mécanicien électricien, 7, rue Froissart, à Paris, 3°.
- Bouchard** (Pierre-Joseph), Ingénieur aux *Chantiers de la Buire à Lyon*, avenue Victor-Hugo, à Tassin (Rhône).
- Boucher** (Ant.), Ingénieur, à Prilly, canton de Vaud (Suisse).
- Boucherot** (Paul), Ingénieur-Conseil, Professeur à l'*École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris*, 64, boulevard Auguste-Blanqui, à Paris, 13°. M. P.
- Bouchet** (Maurice-René), Ingénieur des Arts et Manufactures, 22, rue Alphonse-de-Neuville, à Paris, 17°.
- Bouchon**, Ingénieur à la *Société électrique*, 52 bis, rue des Martyrs, à Paris, 9°.
- Boudeville** (Marcellin-Philippe), Sapeur au 4° Génie, Compagnie 7/2, à Besançon (Doubs).
- Boudineau** (André), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure Électricité*, 59, rue Saint-Antoine, à Paris, 4°.
- Boudreaux** (Louis-François-Joseph), Fabricant de clichés galvanoplastiques, Président du *Syndicat des Galvanoplastes*, 8, rue Hautefeuille, à Paris, 6°.
- Bouette** (William-Eugène), « Elmhurst » South Down's Road, Hale (Cheshire) (Angleterre).
- Bouget** (R.-L.-M.), Ingénieur, 18, rue de Quintin, à Saint-Brieuc (Côtes-du-Nord).
- Bougué** (René), Ingénieur E.P.E.I. et E.S.E., Ingénieur de la *Société française Radio-électrique*, 27, rue de la Muette, à Maisons-Laffitte (Seine-et-Oise).
- Bouillard** (Georges-Léon-Émile), Ingénieur en chef de l'*Exploitation du Chemin de fer de Pékin à Han-Kéou*, Poste française, à Pékin (Chine).
- Bouju** (Georges-Jean), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Directeur de l'*Office des Brevets d'invention Boramé et Julien*, 8, boulevard Saint-Martin, à Paris, 10°.
- Boulanger** (Julien), Colonel du Génie, en retraite, 2 bis, rue Gagnereaux, à Dijon (Côte-d'Or). M. P.
- Boulardet** (Émile-Louis), Ingénieur, 108, boulevard Magenta, à Paris, 10°.
- Boulay de la Meurthe** (Emmanuel), 7, rue de Villersexel, à Paris, 7°.
- Boulitte** (Georges), Ingénieur E. S. E., Ingénieur-Constructeur, 7, rue Linné, à Paris, 5°.
- Boulot** (Lucien), 20, boulevard du Nord, Le Raincy (Seine-et-Oise).
- Bouquet** (Robert-P.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 8, pont de Moret, à Moret-sur-Loing (Seine-et-Marne).
- Bour** (Paul), Ingénieur en chef de la *Société pour la transmission de la force par l'Électricité*, 2, rue Greuze, à Paris, 16°.

- Bourdel** (J.-M.-A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, ancien Ingénieur au *Service de la Traction électrique des Chemins de fer de l'Ouest*, actuellement Ingénieur en Chef des Services techniques de l'*Entreprise générale du Chemin de fer des Alpes bernoises (Berne-Lätschberg-Simplon)*, 22, avenue de Neuilly, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Bourgeois** (R.-J.), E. P., E. S. E., Ingénieur à la *Compagnie Générale de Radiotélégraphie*, 21, quai de Grenelle, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Bourguignon** (Anatole-Joseph-Hilaire), Ingénieur-Electricien E.P.E.I., Chef du *Service électrique des Hauts-fournaux, Forges et Aciéries* du Saut-du-Tarn, à Saint-Juéry (Tarn).
- Bourguignon** (Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de l'*Union des Tramways de France*, 14, rue du Val-de-Grâce, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Bourrellis** (Lucien-Louis-Guillaume), Ingénieur, Chef d'exploitation à la *Société Énergie électrique du Littoral méditerranéen*, 85, boulevard Périer, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Boursault** (Henri-Alexandre-Octave), Ingénieur du *Service des Eaux et du Laboratoire au Chemin de fer du Nord*, 59, rue des Martyrs, à Paris, 9<sup>e</sup>. M. F.
- Boursy** (Maurice), 60, rue d'Assas, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Boussion** (Roger), Ingénieur E. S. E., Attaché à la *Compagnie pour l'Éclairage des Villes*, 19, rue Auguste-Chabrières, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Boutan** (Auguste), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur délégué de la *Compagnie du Gaz de Lyon*, 3, quai des Célestins, à Lyon (Rhône).
- Bouthillon** (Léon-Pierre-Narcisse-Émile), Ingénieur des Télégraphes, 29, rue Boulard, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Boutin** (Maurice), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur Assistant de *M. A. Blondel*, 11, rue Henri-Martin, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Boutrais** (Lucien), route de Rouen, à Mondeville (Calvados).
- Bouty** (E.), Membre de l'Institut, Professeur à la *Faculté des Sciences de Paris*, 5, rue du Faubourg-Saint-Jacques, à Paris, 14<sup>e</sup>. M. P.
- Bouvier** (Ad.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Licencié ès Sciences physiques, Directeur de la *Compagnie du Gaz et Électricité d'Agen*, à Agen (Lot-et-Garonne).
- Bouvier** (Alfred), Électricien, 21, rue Joinville, à Laval (Mayenne).
- Bouvier** (Charles-Cyrille), Ingénieur en chef du *Service Central des Constructions des Manufactures de l'État*, 7, rue de la Pompe, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Bouvier** (Henri-Joseph), Ingénieur des *Arts et Manufactures*, Ingénieur constructeur 53, rue du Polygone, à Grenoble (Isère).
- Bouyer** (Pierre-Paul), Ingénieur à la *Plateforme d'essais aux Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est*, à Jeumont (Nord).
- Boy de la Tour** (Henri), Ingénieur en chef du Service électrique de la *Compagnie de Fives-Lille*, 10, rue Ogereau, à Bois-Colombes (Seine).
- Braby** (Ivon), Ingénieur électricien, M. I. E. E., Helena Alan Road Wimbledon, à Londres (Angleterre). M. P.
- Brachet** (Henri), Sous-Directeur de la *Compagnie d'éclairage électrique du secteur des Champs-Élysées*, 8, rue Gustave-Flaubert, à Paris, 17<sup>e</sup>. M. F.
- Brachotte** (Arsène-Victor), Ingénieur, Attaché à la Direction générale des *Glaceries de Saint-Gobain (Service technique)*, 1 bis, place des Saussaies, à Paris, 8<sup>e</sup>.

- Braise** (Félix-Gabriel), Ingénieur électricien, diplômé de l'*École Bréguet* et de l'*École supérieure d'Électricité*, Contrôleur, Voie et Travaux, 8<sup>e</sup> division 16, rue Keppler, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Brait de la Mathe** (Étienne-Gaston), de la *Maison B. de la Mathe et C<sup>ie</sup>*, usine de Gravelle, à Saint-Maurice (Seine).
- Branly** (Édouard), Membre de l'Institut, Docteur ès Sciences, Docteur en Médecine, 21, avenue de Tourville, à Paris, 7<sup>e</sup>. M. F.
- Bratman** (Ferdinand), Ingénieur, 158, rue Royale, à Bruxelles (Belgique).
- Braud** (Jules-Georges-Clodomir), Soldat au 20<sup>e</sup> d'artillerie de campagne, 2<sup>e</sup> batterie, à Poitiers (Vienne).
- Braut** (Camille), Ingénieur civil des Mines, 73, boulevard Haussmann, à Paris, 8<sup>e</sup>. M. P.
- Breguet** (Jacques), Ingénieur, Ancien élève de l'*École Polytechnique*, Administrateur délégué de la *Société des Ateliers d'Aviation*, L. Bréguet, 9, rue Lalo, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Breguet** (Louis-Charles), Ingénieur-Conseil, Administrateur de la *Maison Breguet*, 25, boulevard Jules-Sandau, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Brémont** (Georges), Sous-Directeur de la *Energia Electrica de Cataluna*, 250, Calle de la Diputacion, à Barcelone (Espagne).
- Brénat** (Maxime-Charles), Directeur de l'*Usine centrale du Secteur de la Rive gauche* de Paris, 3, avenue Bourgain, à Issy-les-Moulineaux (Seine).
- Brès** (Henry), Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Directeur de la *Société Anonyme aux Forges de Vulcain*, 3, rue Saint-Denis, à Paris, 1<sup>er</sup>.
- Bressot** (Joseph), Ingénieur, 18 bis, rue Magenta, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Breton** (Raymond-Edme-Lucien), Ingénieur, Chef des *Services de la Centrale de Jeumont Société Électricité et Gaz du Nord*, à Jeumont (Nord).
- Brey** (Paul-Léon) Ingénieur, 26, rue Beaucourt-Decourchelle, à Lille (Nord).
- Brillouin** (André), Ingénieur-Conseil, 24, rue de Téhéran, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Brillouin** (Marcel), Professeur au *Collège de France*, 31, boulevard du Port-Royal, à Paris, 13<sup>e</sup>.
- Brisson** (Henri-Louis), Directeur de la *Société d'entreprises électriques*, à Genève, 106, rue de Longchamps, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Brissaud** (Jean-Abel), Ingénieur, Directeur de la *Société des Forces motrices de l'Agnès*, 20, rue Paul-Riquet, à Béziers (Hérault).
- Brizon** (René-Louis-Auguste), Ingénieur E. S. E., à Montmarault (Allier).
- Broca** (Dr André), Agrégé de la Faculté de Médecine, 7, cité Vaneau, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Brocq**, Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la Succursale de la *Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz*, Trésorier de la *Société internationale des Électriciens*, 18, boulevard de Vaugirard, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Brogie** (Maurice de), Docteur ès Sciences, Secrétaire général de la *Société de Physique*, 29, rue de Châteaubriant, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Brouard** (Jean-Louis-Jules), Ingénieur, Service Commercial des Constructions électriques de *MM. Schneider et C<sup>ie</sup>*, 42, rue d'Anjou, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Bruder** (Philippe), Directeur de l'Usine de la *Lampe Osram*, 37, rue de Chartres, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Bruhl** (Paul), Négociant, 57, rue de Châteaudun, à Paris, 9<sup>e</sup>.



- Brüll** (Marcel) Ingénieur, 52, rue de Courcelles, à Paris, 8°.
- Bran** (Daniel-Joseph-Allain-Raoul), Ingénieur des Arts et Manufactures, Attaché aux Établissements de *M.M. Schneider et Cie*, 147, rue de Rome, à Paris, 9°.
- Brune** (Paul), Ingénieur à la *Cie Française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston*, 8, cité Vaneau, à Paris, 7°.
- Brunel** (Honoré-Paul-François), 11, rue Brown-Séguard, à Paris, 15°.
- Brunet** (Albert), Directeur de la *Fabrique des Piles Delafon*, 128, rue de la Convention, à Paris, 15°.
- Bruneteau** (Marcel-Georges), *Maison Bruneteau et Cie*, ateliers de constructions électriques, 9, rue Dubreil, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Brunot** (Jacques-Pierre-Bernard), 38, rue de Berlin, à Paris, 8°.
- Brunswick** (Ernest-Jacques-Léon), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur en chef de la *Maison Breguet*, 1, rue Alphonse-Daudet, à Paris, 14°.
- Brylinski** (Émile), Directeur de la *Société « Le Triphasé »*, Président de la *Société internationale des Électriciens*, 5, avenue Teissonnière, à Asnières (Seine). M. P.
- Bucquet** (Henri), Ingénieur E. S. E., Directeur du *Matériel radiologique*, 20, rue du Regard, à Paris, 6°.
- Budeanu** (Constantin), Ingénieur des Ponts et Chaussées, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur aux *Ateliers des Chemins de fer de l'État Roumain*, 73, rue Berzei, à Bucarest (Roumanie).
- Buffet** (Ernest), Ingénieur, 75, avenue de la Grande-Armée, à Paris, 17°.
- Buisson** (Henri), Professeur à la *Faculté des Sciences de Marseille*, à Marseille (Bouches-du-Rhône). M. P.
- Buisson** (Paul-Joseph-Antoine), 5, rue Gavarni, à Paris, 16°.
- Bullier** (Gabriel-Alfred), Ingénieur, 39, boulevard Laënnec, à Saint-Brieuc (Côtes-du-Nord).
- Bumsel** (Henri), Ingénieur, E. B. P. et E. S. E., Directeur de *W. Saint-Martin et Cie*, 47, Avenue Félix-Faure, à Paris.
- Bunet** (Paul), Directeur de la *Société l'Aluminium Français*, 59, boulevard Pasteur, à Paris, 15°.
- Bureau** (Henri), Chef de Travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 2, rue Mizon, à Paris, 15°.
- Bureau** (Joseph), Ingénieur E. S. E., Stagiaire dans la *Maison Brissoneau et Lotz*, 2, rue Monfoulon, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Burhaneddine** (Osmad), Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur-Électricien au *Ministère de l'Eskaf*, à Constantinople (Turquie).
- Burot** (Marcel-René), Ingénieur électricien E. P. E. I., 17, rue de la Gare, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
- Burton** (Charles), Chef du Département étranger à la *Compagnie égyptienne Thomson-Houston*, 10, rue de Londres, à Paris, 8°.
- Busilâ** (Constantin-D.), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur électricien, Sous-Directeur de la *Société communale des Tramways de Bucarest*, Professeur à l'*École nationale des Ponts et Chaussées*, 39, rue Romana, à Bucarest (Roumanie).
- Busson** (Eugène-François), *Gros appareillage électrique*, 4 et 6 rue de Jessaint, à Paris, 18°.
- Busson** (Victor), Constructeur électricien, 65, rue de Bretagne, à Paris, 3°.

- Butaud** (Jean), Ingénieur électricien, Fabricant d'accumulateurs électriques, 23, rue Charles-Fourier, à Paris, 13<sup>e</sup>.
- Cabaret** (André-Louis-Marie), Ingénieur E. S. E., 6, rue Paul-Ligneul, au Mans (Sarthe).
- Cacheux** (A.-F.), Ingénieur électricien, 102, chaussée d'Etterbeck, à Bruxelles (Belgique).
- Cadart** (Louis-Gustave-Sedaine), Ingénieur E. S. E., diplômé de l'*École supérieure d'Aéronautique et de Construction mécanique*, Ingénieur à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 4, avenue d'Orléans, à Paris, 14<sup>e</sup>. M. P.
- Cadiot** (Marcel-Richard-Horace), Constructeur, Représentant de fabriques, 31, rue de Maubeuge, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Cahen** (Armand), ancien Élève de l'*École Polytechnique* et de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur à la *Société coopérative des Fonderies, Laminoirs et Tréfileries de Rugles*, 170, avenue Victor-Hugo, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Cahen** (Henri), Directeur de la *Société d'applications industrielles*, Administrateur délégué du *Sud Électrique*, 94, rue Saint-Lazare, Paris, 9<sup>e</sup>.
- Cahen** (Louis-David), Ingénieur des Télégraphes, 147, boulevard Raspail, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Cahen** (Marcel), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, 26, avenue de Villeneuve-l'Étang, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Cailho**, Ingénieur des Télégraphes, 23, rue Rémusat, à Paris, 16<sup>e</sup>. M. P.
- Caillavet** (Léon-J.), Ingénieur électrométallurgiste, 33 bis, avenue de la Défense, à Puteaux (Seine).
- Caire** (Adolphe), E. S. E. ancien élève de l'*École Polytechnique*, Directeur de la *Société anonyme de Betons armés comprimés*, Villa Saphir, avenue Daviot, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Calmettes** (Gabriel-Émile), Ingénieur des Arts et Manufactures, 3, rue de Médecis, à Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise).
- Calmettes** (Robert), Ingénieur à la *Compagnie générale du Gaz pour la France et l'Étranger*, 24, boulevard des Capucines, à Paris, 2<sup>e</sup>.
- Calvé** (Fernand-Christophe), Ingénieur chef du service de la voie, des accès et du matériel fixe électrique à la *Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris*, 4, rue de Sfax, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Cal y Diaz** (Léopoldo), Ingénieur diplômé de l'*Ecole supérieure d'Electricité*, Lieutenant de vaisseau de la Marine royale espagnole, à bord du cuirassé *Espana*, au Ferrol (Espagne).
- Caminati** (Carlo), Ingénieur, diplômé du *Politechnicum de Turin*, et de l'*École Supérieure d'Électricité*, Directeur de l'*Ecole industrielle de Chieti*, à Chieti (Italie).
- Campanakis** (Anastase), 11, rue Monge, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Canart** (Léon-Jules-Auguste), Ingénieur-Directeur de l'*Omnium électrique de Rouen*, 93, rue Jeanne-d'Arc, à Rouen (Seine-Inférieure).
- Cance** (Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, Secrétaire de la *Chambre syndicale des Constructeurs et Entrepreneurs électriciens*, 159, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Cance** (Alexis), Ingénieur électricien, 5, rue Saint-Vincent-de-Paul, à Paris, 10<sup>e</sup>.
- Canet** (Paul-Adolphe), Ingénieur E. C. P., diplômé E. S. E., Administrateur de la *Société pour la fabrication des Munitions d'artillerie*, 87, avenue Henri-Martin, à Paris, 16<sup>e</sup>. M. P.

- Cannes** (Ilia), Ingénieur-Constructeur, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 408, Manhattan avenue, à New-York City (U. S. A.).
- Cannic** (Alexis), Capitaine d'Artillerie coloniale démissionnaire, Directeur du *Bureau de contrôle des Installations électriques*, 4, Passage Leroy, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Cantelaube** (Paul), Ingénieur à l'*Omnium lyonnais de Chemins de fer et Tramways*, 30, rue de l'Église, au Vésinet (Seine-et-Oise).
- Cany** (Georges-Xavier), Ingénieur, Poste française, à Kerassunde (Turquie d'Asie).
- Caplong** (Émile), Ingénieur, à Pointis-Inard (Haute-Garonne).
- Capon** (René-Joseph), Ingénieur A.M. et E.S.E., Sucrerie de Neuilly-Saint-Front (Aisne).
- Caraman** (Ernest de), Capitaine d'artillerie, 36, rue du Renard, à Rouen (Seine-Inférieure).
- Carbenay** (Fernand), Ingénieur-électricien, assistant de *M. Blondel*, 20, rue Letort, à Paris, 20<sup>e</sup>.
- Cardot** (Abel), Conseiller à la Cour d'appel, 5, rue de Tanger, à Alger (Algérie). M. F.
- Carlini** (Dominique), Enseigne de Vaisseau, à bord de l'*Ernest-Renan*, à Toulon (Var).
- Carpentier** (J.), Ingénieur-Constructeur, Membre de l'Institut, Membre du Bureau des Longitudes, 34, rue du Luxembourg, à Paris, 6<sup>e</sup>. M. F. M. D. M. P.
- Carpentier** (Jean), aux *Ateliers Carpentier*, 20, rue Delambre, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Carré** (Charles-Léon), Ingénieur, 10, rue du Figuier, à Paris, 4<sup>e</sup>.
- Carron** (Félix-Joseph-Louis), Chef du département des constructions mécaniques électriques des *Établissements Schneider et Cie*, 42, rue d'Anjou, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Cartier** (Georges), Ingénieur de la Marine, 2, rue Saint-François (Mourillon), à Toulon (Var).
- Casas** (L.-R.), Ingénieur civil, 39, avenue de Saint-Mandé, à Paris, 12<sup>e</sup>.
- Cassegrain** (Fernand), Ingénieur à la *Maison Harlé et Cie*, 41, rue de Boulainvilliers, Paris, 16<sup>e</sup>.
- Castan** (Adrien), Ingénieur civil, à Montauban (Tarn-et-Garonne). M. F.
- Castanheira das Neves** (J.-P.), Ingénieur en chef du corps du Génie civil, ancien Président de la *Société des Ingénieurs civils de Portugal*, rua do Salitre, 405-3<sup>e</sup>, à Lisbonne (Portugal). M. F.
- Cathiard** (Georges-André-Marcel), Ingénieur E. S. E., 45, rue de Boulainvilliers, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Caudrelier** (Esprit), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Attaché à la *Compagnie parisienne de Distribution d'Électricité*, 11, rue de Milan, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Cauneille** (Henri-Paul) Capitaine d'Artillerie aux *Ateliers de Construction*, à Rennes (Ille-et-Villaine).
- Causse** (Jules-Marius-Albert), Capitaine d'artillerie à la *Manufacture d'Armes de Tulle* (Corrèze).
- Caussin de Perceval** (Marie-Albert), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 3, rue Alexandre-Lange, à Versailles (Seine-et-Oise). M. P.
- Cellerier** (Jean-Fernand), Directeur du *Laboratoire d'essais au Conservatoire national des Arts et Métiers*, 292, rue Saint-Martin, à Paris, 3<sup>e</sup>.
- Cervera y Jacome** (Louis), Ingénieur Chef du *Service Électrique de la Catalana de y Electricidad. s. a. Gaz*, à Séville (Espagne).
- Chabert** (François-Max), Ingénieur diplômé de l'*École Supérieure d'Électricité*, Ingénieur des Télégraphes Chérifiens, à Tanger (Maroc).

- Chaboche** (Edmond), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 30, rue de la Tour-d'Auvergne, à Paris, 9°.
- Chabot** (Louis), Ingénieur, 50 bis, rue Villez-Martin, à Saint-Nazaire (Loire-Inférieure).
- Chabré**, Professeur à la *Faculté des Sciences*, 83, rue Denfert-Rochereau, à Paris, 14°.
- Chailloux** (Paul-Louis), 24, rue de Staël, à Paris (15°).
- Chalbos** (J.), Ingénieur, 23, Avenue de la Gare, à Belfort (Territoire de Belfort).
- Chalon** (Marie-Paul-André), Ingénieur chez MM. *Geoffroy et Delore*, 6, place des Batignolles, à Paris, 17°.
- Chambost** (Pierre-Jules-Eugène-Édouard), 28, avenue de Suffren, à Paris, 15°.
- Chamon** (Gabriel), Administrateur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 31, rue Claude-Vellefaux, à Paris, 10°.
- Chapat** (Charles), Directeur d'usines à gaz, Président du *Tribunal de Commerce*, Membre de la *Chambre de Commerce du Lot-et-Garonne*, à Marmande (Lot-et-Garonne). M. P.
- Chapelle** (Paul-Alphonse-Jules), Ingénieur à la *Société l'Éclairage électrique*, 59, boulevard Victor, à Paris, 15°.
- Chappée** (Ferdinand-Léon), Ingénieur attaché à la *Compagnie du Gaz et d'Électricité de Melun*, à Dammarie-les-Lys (Seine-et-Marne).
- Chardin** (André), 7, rue Rosa-Bonheur, à Paris, 15°.
- Charlot** (Étienne), Ingénieur, Directeur de la *Station centrale d'Électricité de Dijon*, 24, rue Saint-Philibert, à Dijon (Côte-d'Or).
- Charpentier** (Henri), Ingénieur de la Marine, *Surveillance des Travaux confiés à l'Industrie*, 28, rue Courbet, à Saint-Nazaire (Loire-Inférieure).
- Chassériand** (René-Paul), Ingénieur, ancien élève de l'*École Polytechnique*, 5, avenue Émile-Deschanel, à Paris, 7°. M. P.
- Chateau** (Paul-Luc), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Directeur de la *Station centrale d'électricité*, à Haïphong (Tonkin).
- Chaudron** (René-Justin-Théodule), Ingénieur de la *Maison Bréguet*, Service des Installations, 7, rue Bardinet, à Paris, 14°.
- Chaufour** (Eugène), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur-Conseil, 134, avenue Wagram, à Paris, 17°.
- Chaumat** (Henri), Sous-Directeur de l'*École supérieure d'Électricité*, 26, rue Ernest-Renan, à Paris, 15°.
- Chaussonot** (Henri), Ingénieur-Conseil électricien, Administrateur de la *Compagnie d'Exploitations et de Travaux industriels*, Administrateur de la *Société industrielle de Tarn-et-Garonne*, 11, rue Duperré, à Paris, 9°.
- Chauvassaignes**, Ingénieur des Postes et des Télégraphes, Château de Mirefleurs, les Martres-de-Veyre (Puy-de-Dôme). M. F. M. P.
- Chauvière** (Joseph-Dominique), Ingénieur électricien, 82, boulevard St-Michel, à Paris, 6°.
- Chauvin** (Raphaël), Ingénieur Constructeur d'appareils de mesures électriques, 186, rue Championnet, à Paris, 18°.
- Chedeville** (Edmond), Ingénieur électricien (E. S. E.), Directeur adjoint des Services commerciaux de la *Compagnie des Charbons Fabius Henrion*, 4, rue de l'Alboni, à Paris, 16°.
- Cheilletz** (Gaston), 23, rue Sellier, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Chemin** (Eugène-Amédée), Ingénieur (E. S. E.), Directeur de la *Société anonyme des Appareils Economiques d'Electricité*, 12, rue Meynadier, à Paris, 18°.

- Chêneveau** (Charles), Docteur ès Sciences, Chef de travaux pratiques de Physique à la *Faculté des Sciences*, 64, rue Dareau, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Chéron** (Théophile), Ingénieur électricien diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 54, rue Secrétan, à Paris, 18<sup>e</sup>.
- Cheronnet** (Maurice), Ingénieur des Arts et Manufactures, 164, rue de Courcelles, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Cheurlot** (Pierre), 51, rue Decamps, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Chevallier** (Robert), 79, rue de Rome, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Chevallier** (Charles-Henry), Sous-Directeur du *Laboratoire d'Électricité industrielle* à la Faculté des Sciences de Bordeaux, 8, rue Villedieu, à Bordeaux (Gironde).
- Chevrier** (Louis-Georges), Ingénieur à la *Compagnie parisienne de Distribution d'électricité*, 102, boulevard Victor-Hugo, à Saint-Ouen (Seine).
- Chillaz** (J.-L.-M. de), Chef d'escadron au 56<sup>e</sup> d'*Artillerie*, à Montpellier (Hérault).
- Chireix** (Henry-Constant), 7, place Breteuil, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Chopin** (Louis), Ingénieur (A. M., E. S. E.), Ingénieur à l'*Energia Electrica de Catalunya*, 19, Calle Ramalleras, à Barcelone (Espagne).
- Chotard** (Eugène), Ingénieur électricien (A. M. et E. S. E.), Ingénieur à la *Compagnie Electro-Mécanique*, 70, rue de Meaux, à Paris, 19<sup>e</sup>.
- Choulet** (Louis), Ingénieur E. S. E., Licencié ès Sciences, Ingénieur de la *Maison Bisson, Bergès et Cie*, 38, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Chrétien** (Henri), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Chef du Service d'Astrophysique de l'Observatoire de Nice, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Chrétien** (Paul-Charles), Inspecteur de l'éclairage électrique de la Ville de Paris, 15, rue de Boulainvilliers, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Claparède** (Emmanuel), Ingénieur électricien. Directeur du *Service électrique*, à Pont-d'Aubenas (Ardèche).
- Claude** (Georges), Ingénieur, Administrateur de la *Société l'Air liquide*, 14, boulevard d'Auteuil, à Boulogne-sur-Seine (Seine).
- Clément** (Célestin-Henri), ancien élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur électricien diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Capitaine du Génie à Belfort, Stagiaire au *Service de la Télégraphie sans fil*, 24, avenue de Paris, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Clerc** (François-Alexandre-Amédée), Ingénieur-Conseil de la *Société des Acières de Paris et Autreau* et de la *Société d'Electrochimie*, Administrateur délégué de la *Société française des Métaux rares*, 8, rue Cardinet, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Clerc** (Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, Fondateur et Chef de l'Exploitation du *Secteur Edison* de 1887 à 1908, Ingénieur-Conseil, Villa des Fougères, à Vaucresson (Seine-et-Oise).  
M. F.
- Clifton** (Robert-Bellamy), F. R. S., Professor of experimental Philosophy in the University of Oxford, 3, Bardwell road, Banbury road, à Oxford (Angleterre).  
M. F. M. P.
- Clin** (Édouard-Émile), Ingénieur, Constructeur, *Chauffage et cuisine par l'Électricité* 29, rue Corbeau, à Paris, 10<sup>e</sup>.
- Cochin** (Jean-Pierre-Denis-Marie), Lieutenant de Vaisseau, Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé E. S. E., Officier torpilleur à bord du *Jean-Bart*, 1<sup>re</sup> Escadre, à Toulon (Var).  
M. P.

- Cohen** (Edouard), Licencié ès sciences, Ingénieur diplômé E. S. E., Ingénieur au *Centre Electrique*, 45, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris, 9°.
- Cohen-Jonathan** (Salomon), Ingénieur électricien, 2, impasse de la Révolution, à Alger (Algérie).
- Cohn** (Joseph), 88, boulevard du Port-Royal, à Paris, 5°.
- Collin** (Pierre-Maurice-Henri), Ingénieur, 33, avenue Thiers, Le Mans (Sarthe).
- Colusse** (Edmond-Magloire), Électricien, 21, avenue du Chemin-de-Fer, à Avon (Seine-et-Marne).
- Combemale** (Henri-Jules), Licencié ès Sciences, 94, boulevard Flandrin, à Paris, 16°.
- Commenges** (Jacques-Joseph-André), route de Nantes, à Ancenis (Loire-Inférieure).
- Compagnie centrale d'Éclairage par le Gaz**, 26, rue de Londres, à Paris, 9°. M. P.
- Compagnie du gaz de Lyon**, 7, rue de Savoie, à Lyon (Rhône).
- Compagnie électrique de la Loire**, 69, rue Miromesnil, à Paris, 8°.
- Compagnie houillère** (le Directeur de la), à Bessèges (Gard). M. F
- Compagnie Parisienne de l'Air comprimé**, 54, rue Étienne-Marcel, à Paris, 2°.
- Comte** (Pierre), attaché au Service électrique des travaux de la Compagnie du Chemin de fer métropolitain, 12 bis, rue Raynouard, à Paris, 16°.
- Coninck** (Marcel-Raymond de), Ingénieur de la *Société anonyme Westinghouse*, 46, rue Félix-Faure, au Havre (Seine-Inférieure).
- Constans** (André), Ingénieur diplômé E. S. E., Chef d'atelier à l'*École supérieure d'Électricité*, 27 bis, avenue du Parc-Montsouris, à Paris, 14°.
- Constantin** (Louis-Joseph), Directeur de la *Société espagnole d'Électricité Alioth*, Galdo, 2, à Madrid (Espagne).
- Conti** (Gaston), Ingénieur, Représentant de la *Société générale des Condensateurs électriques* de Fribourg (Suisse), 73, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris, 6°.
- Coqblin** (Henri-Jules-Albert), Ingénieur des Constructions civiles, Chef de Section à la *Compagnie des Chemins de fer P.-L.-M.*, à Frasne (Doubs).
- Coquelet** (Ernest), Ingénieur chez *M. Hamm*, 23, rue de Ponthieu, à Paris, 8°.
- Cordier** (Ferdinand), Lieutenant-Colonel, 16, rue de l'Orangerie, à Versailles (S.-et-O.).
- Cordier** (Gabriel), Administrateur délégué de la *Société Énergie électrique du Littoral méditerranéen*, 3, rue Moncey, à Paris, 9°.
- Cordin** (Georges), Ingénieur électricien, 90, rue du Mont-Cenis, à Paris, 18°.
- Cornabat** (René), Ingénieur électricien aux Ateliers de la Société l'*Éclairage électrique*, 54, rue Lecourbe, à Paris, 15°.
- Cornet** (J.), Constructeur d'instruments d'optique et d'électricité médicales, 66, rue de Rennes, à Paris, 6°.
- Cornier** (Edmond), Directeur de la *Société anonyme Omnium d'installations électriques*, 3, rue Donizetti, à Paris, 16°.
- Cornillaux** (Alexandre-Victorien), 155, rue de Paris, à Vanves (Seine).
- Cornuault** (André), Ingénieur de la *Compagnie Continentale pour la fabrication des Compteurs*, 4, rue Wéber, à Paris, 16°.
- Cornuault** (Émile), ancien Président de la Société des Ingénieurs civils de France, Administrateur de la *Société du Gaz de Paris*, de la *Société du Gaz de la Banlieue de Paris* et de la *Société du Gaz et de l'Électricité de Marseille*, Président d'honneur du *Syndicat de l'Industrie du gaz en France*, 4, rue Jean-Goujon, à Paris, 8°.
- Cosmovici** (Alexandre-C.), Ingénieur E. C. P., Sous-Directeur du Service des ateliers

- et de la traction des *Chemins de fer de l'État roumain*, Gare du Nord, à Bucarest (Roumanie). M. F.
- Cosserat** (François), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef à la *Compagnie des chemins de fer de l'Est*, 7, rue Rosa-Bonheur, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Cosson** (Gustave-Émile), Ingénieur électricien, 36, boulevard de Courbevoie, à Courbevoie (Seine).
- Costa** (Joseph), Ingén.-Expert, 1, rue Montgrand, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Costabel** (Antoine-Henri-Louis), Ingénieur électricien, 28, rue Delambre, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Côte** (Eugène-François), Fondateur et Rédacteur en chef de la *Houille blanche*, 24, rue Sully, à Lyon (Rhône).
- Cottard** (Jean-Baptiste), Ingénieur, Directeur de la *Société de Moteurs à Gaz et d'Industrie Mécanique*, 135, rue de la Convention, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Cottavox** (Joseph), Directeur de l'*Usine centrale de l'Est-Lumière*, quai de Seine, à Alfortville (Seine).
- Couderc** (René), Ingénieur des Télégraphes, Service des *Câbles sous-marins*, 13, rue Mirabeau, à Toulon (Var).
- Couffon** (René), Ingénieur des Arts et Manufactures, 6, rue Furstemberg, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Couillard** (Léon), Ingénieur électricien, 5, rue du Parc, à Saint-Mandé (Seine).
- Coullaut** (Pierre), Ingénieur électricien à la *Compagnie universelle du Canal maritime de Suez*, 89, rue de la Pompe, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Coulon** (Rodolphe de), Ingénieur, 6, Monbijoustrasse, à Berne (Suisse).
- Coulon** (R. de), Ingénieur électricien, Fabrica Uruguay-Concordia (Entre-Rios) (République Argentine). M. F. M. P.
- Courbier** (J.), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Licencié en droit, Ingénieur-Conseil, 40, quai Gailleton, à Lyon (Rhône).
- Courquin** (abbé Art.-J.), Professeur de filature à l'*École industrielle*, à Tourcoing (Nord). M. F.
- Courtel** (abbé Léopold-Marie), Aumônier à Chaudesbeuf, par Saint-Hilaire-des-Landes (Ille-et-Vilaine). M. F.
- Courtois** (Gabriel), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de l'usine des constructions électriques de la *Société industrielle des Téléphones*, 40, rue Ribéra, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Courtot** (Alfred-Pierre), Adjoint à la *Direction de la Compagnie Générale électrique*, 12, rue Michelet, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Cousin** (Émile-Félix), Ingénieur à la *Compagnie d'Éclairage électrique du Secteur des Champs-Élysées*, 75, avenue Wagram, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Couteaud** (Albert-Maurice), Poste de la Télégraphie sans fil de la Tour Eiffel, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Coutelier** (Louis-Alexis), 1, rue Parrot, à Paris, 12<sup>e</sup>.
- Couteux** (Léon), à Placy-Montaigut, par Thorigny-sur-Vire (Manche). M. F.
- Couvreux** (Abel), 78, rue d'Anjou, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Coze** (André), Directeur de la *Société d'Éclairage par le gaz de la Ville de Reims*, Administrateur de la *Société des usines à gaz du Nord et de l'Est*, Vice-Président du *Syndicat professionnel de l'Industrie du gaz*, 10, rue du Grenier-à-Sel, à Reims (Marne).
- Crasner** (Nicou), Licencié ès Sciences, 13, quai Duguay-Trouin, à Nantes (Loire-Inférieure).

- Creighton** (Elmer E.-F.), Electrical Engineer, Engineer of Experimental Dept. Stanley Elec. M. F. G. Co, Union University, Schenectady N. Y. (États-Unis).
- Croiset** (A.-C.-H.), 13, rue Cassette, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Crouzat** (Pierre), Ingénieur de la *Société Hydro-électrique des Basses-Pyrénées*, à Bayonne (Basses-Pyrénées).
- Crovisier** (Charles-Gaston), Ingénieur aux Domaines de l'État, à Sakha (Égypte).
- Cruchon** (Louis), ancien Officier de Vaisseau, 6, rue César-Franck, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Cunéo d'Ornano** (Napoléon-Louis-François-Gustave), Ingénieur E. S. E., Ingénieur à la *Société Gaz et Eau*, Villa Tourelle, à Cherbourg (Manche).
- Curchod** (Adrien), Directeur de la *Société Lacarrière pour la stérilisation des Eaux*, 100, rue Doudeauville, à Paris, 18<sup>e</sup>.
- Da** (Joseph-Marie-Marcel), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur Constructeur d'Appareils de Mesures Électriques (*Maison Da et Duthil*), 81, rue Saint-Maur, à Paris, 11<sup>e</sup>.
- Daguerre** (Hector-Louis), Directeur de la *Société Nord-Lumière*, 12, rue de Port, à Clichy (Seine).
- Dain** (Henri), Secrétaire général des *Établissements Lefebvre et C<sup>ie</sup>*, 17, rue Alphonse de Neuville, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Dainty** (William-Reginald), Ingénieur électricien *Co Union electric Co Ltd*, Box 3420, à Johannesburg (Transwaal, Sud-Africa).
- Dalemont** (Julien), 2, rue Balzac, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Balmon** (Eugène-Adolphe), Ingénieur, Directeur de l'Agence de la *Compagnie générale d'Électricité de Creil*, 46, rue des Carmes, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Damien** (B.-C.), Professeur à la *Faculté des Sciences de Lille*, à Lille (Nord).
- Damoiseau** (Jean-Baptiste-Gaston), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la maison *Hillairet Huguet*, 23, rue du Conseil, à Asnières (Seine).
- Damoiselet** (Raoul), Ingénieur à la Société l'*Eclairage Electrique*, 15, allée du Moulin, à Bondy (Seine).
- Daniell** (Francis-W.-B.), M. I. E. E., care of M. M. Hickie, Borman and Co, 14, Waterloo Place, Pall Mall, à Londres S. W. (Angleterre). M. F. M. P.
- Danne** (Jacques), Préparateur de Physique à la *Faculté des Sciences de Paris*, Directeur du journal de Physique *Le Radium*, 9, rue du Val-de-Grâce, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Darbois** (Jean-Marie-Hippolyte), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur à la *C<sup>ie</sup> continentale Edison*, 17, rue Chailloux, à Nevers (Nièvre).
- Darcq** (E.), Directeur honoraire du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, 98, rue de Rennes, à Paris, 6<sup>e</sup>. M. F.
- Daresté de la Chavanne** (Edmond-Charles-Cléopas), Ingénieur E. S. E., 84, boulevard de Courcelles, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Darfeuille** (Maurice), Directeur de la Succursale de Lyon de la *C<sup>ie</sup> pour la fabrication des compteurs et matériel d'usine*, 248, avenue de Saxe, à Lyon (Rhône).
- Darnal** (François), Ingénieur, *Société Alioth*, Villa Médicis, rue de Paris, à Ablon (Seine-et-Oise).
- Darras** (Alphonse), Ingénieur-Constructeur, Secrétaire du *Syndicat des instruments d'optique et de précision*, 123, boulevard Saint-Michel, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Darriens** (Pierre-Joseph-Gabriel-Georges), Contre-Amiral, 20, rue du Regard, à Paris, 6<sup>e</sup>.



- David** (Charles-Narcisse), Ingénieur-Conseil, ancien Chef de *Travaux au Laboratoire central d'Électricité*, 81, avenue de Ségur, à Paris, 15°.
- David** (Louis-Étienne-F.), Constructeur mécanicien, *Spécialité de matériel de laiteries et de modèles pour fonderie*, 9, rue Meynadier, à Paris, 19°.
- David** (Paul-Marius), Ingénieur, à la *Energia Electrica de Cataluna*, à Barcelone (Espagne).
- Dazelle** (Gaspard-Louis), Ingénieur électricien (A. M., E. S. E.), Ingénieur chef du *Service technique des Groupes et Moteurs Fiat Lux*, Société l'*Eclairage Electrique*, 35, boulevard Magenta, à Paris, 10°.
- Debains** (Aristide), Docteur en Médecine, 16, rue Chanzy, à Paris, 11°.
- Debeauve** (Paul), ancien Chef du Bureau de mesures de la *Maison Bréguet*, 2, rue Ballu, à Paris, 9°. M. F.
- Debionne** (Émile), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur chef du Bureau des études aux *Services électriques du Chemin de fer du Nord*, 19, rue de la Chapelle, à Paris, 18°.
- Debout** (Achille), Ingénieur, E. S. E., Chef du réseau principal des Alpes-Maritimes de la *Société Énergie électrique du Littoral Méditerranéen*, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Debray** (Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, Inspecteur principal des *Chemins de fer de l'État*, 2, avenue des Moulineaux, à Billancourt (Seine).
- Decaux** (Léopold-René), Directeur des *Ateliers Gaumont*, 2, avenue de l'Orangerie. Le Perreux (Seine).
- Dechandol** (Pierre-Georges), Ingénieur électricien à la Société l'*Éclairage électrique*, 7, rue Sadi-Carnot, à Alger (Algérie).
- Decombe** (Georges), Ingénieur à la *Société française des Câbles électriques*, 37, rue Sainte-Hélène, à Lyon (Rhône).
- Décombe**, Docteur ès Sciences, 13, rue Gazan, à Paris, 14°.
- Décorat** (Alcide), Ingénieur (A. M., E. S. E.), Ingénieur à la *Société Française Radio-Électrique*, 6, rue Montgallet, à Paris, 12°.
- Defert** (Maurice), Ingénieur électricien, Attaché au *Service de l'exploitation de l'Ouest-Lumière*, 41, rue Madame, à Paris, 6°.
- Défossez** (Elisée-Jules), 60, rue Dombasles, à Paris, 15°.
- Dehenne** (Georges), Ingénieur (E. C. P.), Ingénieur en chef aux *Établissements Harlé et Cie*, 14, rue Gustave-Zédé, à Paris, 16°. M. F.
- Dejust** (Jules), Professeur à l'*École centrale des Arts et Manufactures*, Ingénieur municipal de la Ville de Paris, 51, quai d'Austerlitz, à Paris, 12°.
- Delachaux** (Clarence), Administrateur Directeur de la *Société l'Aluminothermie*, 44, rue Blanche, à Paris, 9°.
- Delalande** (Henri-Paul), Ingénieur E. P. C., E. S. E., Ingénieur stagiaire aux *ateliers Thomson-Houston*, rue de la Gare, à Lesquin-les-Lille (Nord).
- Delamare** (Albert), Ingénieur-Directeur de la *Maison Landis et Gyr*, Compteurs d'Électricité, 17, rue Lamarck, à Paris, 18°.
- Delamotte** (Maurice-Désiré), Ingénieur à la *Cie française Thomson-Houston*, 28, rue de Trévise, à Paris, 9°.
- Delaporte** (Paul-Émile), Ingénieur-Conseil, Expert près le *Tribunal civil de la Seine* et la *Cour d'Appel de Paris*, Vice-Président de la *Société française de Navigation aérienne*, 19, rue de Clichy, à Paris, 9°.

- Delas** (François-Xavier-Joseph-Albert), Administrateur-Directeur de la *Société pour l'exploitation des procédés Westinghouse-Leblanc*, 56, rue Caulaincourt, à Paris, 18°.
- Delasalle** (André-Paul-Louis), ancien Élève de l'*École de Physique et de Chimie*, Ingénieur de la *Compagnie française Thomson-Houston*, 116, rue David-Johnston, à Bordeaux (Gironde).
- Delaunay** (Ernest-Baptiste), Galvanoplaste, 39, boulevard Beaumarchais, à Paris, 3°.
- Delaunay Belleville** (Robert), Ingénieur, 13, rue de Lubeck, à Paris, 16°.
- Deleuze** (Abel-É.), Ingénieur à la *Compagnie des Mines, Fonderies et Forges d'Alais*, à Tamaris (Gard).
- Delgay** (Louis), Ingénieur civil, Directeur des *Stations centrales d'Électricité d'Argelès-Gazost et Heid fils, frères et C<sup>ie</sup>*, à Caunterets, 31, rue Porte-Neuve, à Pau (Basses-Pyrénées).
- Deligny** (Jules-Louis), Ingénieur constructeur électricien, 16, boulevard Carnot, au Vésinet (Seine-et-Oise).
- Delon** (Jules), Ingénieur en chef des ateliers de la *Société française des câbles électriques*, 11, chemin du Pré-Gaudry, à Lyon (Rhône).
- Delorme** (Paul), Administrateur délégué de la *Compagnie des Accumulateurs Union*, 3, rue Octave-Feuillet, à Paris, 16°.
- Delpuech** (Camille), Ingénieur à la *Compagnie des Chemins de fer de l'Est*, 53, rue de Maubeuge, à Paris, 9°.
- Delville** (Louis-Alexandre), Ingénieur aux *Forges et Aciéries de Huta Bankowa*, à Dombrowa (Russie).
- Démarchez** (Georges-Eugène), Ingénieur des Arts et Manufactures, 40, rue Lesdiguières, à Grenoble (Isère).
- Démichel** (Émile), 38, rue de Sévigné, à Paris, 3°.
- Demongeot** (Armand), Directeur de la *Sous-station de Mauconseil (Compagnie Parisienne de l'Air comprimé)*, 31, rue Mauconseil, à Paris, 1°.
- Dennery** (A.), Inspecteur général des Postes et des Télégraphes, Directeur de l'*École supérieure des Postes et des Télégraphes*, 131, boulevard Malesherbes, à Paris, 17°.
- Dennis** (Félix), Négociant, 2, rue du Champ-de-Foire, au Havre (Seine-Inférieure). M. F.
- Deplanque** (A.), Ingénieur civil, Directeur d'*Usines à gaz*, 7, rue de la Coupe, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).
- Deprez** (Marcel), Membre de l'Institut, 23, av. Marigny, à Vincennes (Seine). M. H.
- Déramat** (Jean), Ingénieur à la *Société Gramme*, 89, rue Secrétan, Paris, 19°.
- Descamps** (Georges), Ingénieur-Directeur de la *Société anonyme d'éclairage par le Gaz et l'Électricité*, 154, rue du Faubourg-Saint-Denis, à Paris, 10°.
- Deschamps** (Émile-Paul), Ingénieur à l'*Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft*, Dahlmannstr., 29, à Charlottenburg 4 (Allemagne).
- Desforges** (Eugène), Ingénieur-Électricien, 20, rue du Tocsin, à Bruxelles (Belgique).
- Desforges** (Robert), Enseigne de vaisseau, *Amiral-Aube*, à Brest (Finistère).
- Desgouttes** (Paul), Ingénieur de la *Maison Bréguet*, Chef du Service des essais, boulevard Vauban, à Douai (Nord).
- Desmaretz** (Jules-Eugène-Pierre), Ingénieur principal de la *Maison Rousselle et Tournaire*, 82, boulevard Barbès, à Paris, 18°.
- Desnuelles** (Marcel-Auguste), 60, rue Dombasles, à Paris, 15°.

- Desombre** (Paul-Édouard-Gaspard), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur-délégué de la *Compagnie électro-mécanique*, Le Bourget (Seine).
- Desroziers** (E.), Ingénieur électricien, ancien Élève breveté de l'*École supérieure des Mines de Paris*, Expert près les Tribunaux de la Seine, ancien Membre du Comité de la *Société des Ingénieurs civils de France*, 10, avenue Frochot, à Paris, 9°. M. F.
- Desvignes** (Marcel), 2 bis, rue Gustave-Zédé, à Paris, 16°. M. P.
- Detraux** (Louis), Directeur de la *Compagnie méridionale d'Éclairage et de Force*, 77, rue Paradis, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Détroyat** (J.-M.-T.-A.), Ingénieur civil, 9, rue de la Néva, à Paris, 8°.
- Deutsch** (Émile), 54, avenue d'Iéna, à Paris, 16°. M. F.
- Devaux** (Albert-Alfred), 173, rue de Villeneuve, à Alfortville (Seine).
- Devaux** (Gaston-Désiré), Ingénieur, aux Services techniques de l'*Exploitation des Chemins de fer de l'Est*, 12, place de la Nation, à Paris, 12°.
- Devaux-Charbonnel** (Xavier), Ingénieur en chef des Télégraphes, 286, boulevard Raspail, à Paris, 14°. M. P.
- Deverly** (J.-A.-F.-R.), Ingénieur électricien, 42 et 44, rue de Châteaudun, à Saint-Quentin (Aisne).
- Diény** (Paul), Ingénieur (E. S. E.), Administrateur délégué de la *Société d'Éclairage par tubes luminescents, Système Moore*, 29, rue de Provence, à Paris, 9°.
- Dieringer** (Georges-Marcel), Ingénieur A. M. et E. S. E., Inspecteur au *Bureau de Contrôle des Installations électriques*, 6, rue Carrier-Belleuse, à Paris, 15°.
- Dierman** (William), Ingénieur, 15, rue du Bailli, à Bruxelles (Belgique).
- Digeon** (Charles-Marcel), 195, rue du Faubourg-Saint-Martin, à Paris, 10°.
- Dillemann** (Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Stagiaire à la *C<sup>te</sup> française Thomson-Houston*, 162, boulevard Magenta, à Paris, 10°. M. P.
- Dinoire** (E.), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité* et de l'*École supérieure des Mines, Mines de Lens*, à Vendin-le-Viel (Pas-de-Calais). M. P.
- Diot** (Marcel-Émile), 19, rue Nollet, à Paris, 17°.
- Direction générale des Postes et Télégraphes de Hongrie**, Albrecht ut n° 3-5 à Budapest (Autriche-Hongrie).
- Ditte** (François), Licencié es Sciences, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 90, rue d'Assas, à Paris, 6°.
- Dive** (Paul), Ingénieur à la *Société de la Vieille-Montagne*, à Viviez (Aveyron).
- Doat** (Fernand), Enseigne de vaisseau, Directeur de l'*École d'Hydrographie*, à Bastia (Corse).
- Dobkévitch** (Gaëtan), Ingénieur, Chef du service électrique de la *Société française d'incandescence par le gaz*, 81, rue de l'Assomption, à Paris, 16°.
- Doignon** (Louis), Ingénieur-Constructeur, Président du *Syndicat des Constructeurs en Instruments optiques et de précision*, 11, rue Hoche, à Malakoff (Seine); domicile : 16, rue Stanislas, à Paris, 6°.
- Domange** (Albert), Fabricant de courroies pour machines, 74, boulevard Voltaire, à Paris, 11°.
- Domenach** (Louis-André-Alfred), Ingénieur à la *Société française des Câbles électriques*, 40, rue Victor-Hugo, à Lyon (Rhône).

- Dominé** (Antoine), Ingénieur électricien de la *Compagnie des Mines de Dourges*, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
- Dongier** (Raphaël-Roger), 99, Grande-Rue, à Bourg-la-Reine (Seine).
- Donval** (Yves-Victor-Marie), Lieutenant de vaisseau, Adjoint pour la T. S. F. à l'inspecteur des sémaphores du 1<sup>er</sup> arrondissement, à Cherbourg (Manche).
- Dorido** (Ernest), Capitaine du Génie, 25 bis, rue de Versailles, au Chesnay, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Dotta** (Andrea), Ingénieur, 14, place de la Bourse, à Naples (Italie).
- Douchin** (Marcel-Joseph-Émile), Ingénieur (E. P. E. I.), Ingénieur à la *Société Boule Larbodière et Cie*, 3, boulevard Saint-Marcel, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Douilhet** (Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, 16, avenue Carnot, à Caudéran (Gironde).
- Doyer** (H.), Ingénieur-Conseil, 31, Surinamestraat, à La Haye (Pays-Bas).
- Drake del Castillo** (Louis), Ingénieur électricien, 2, rue Balzac, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Dreux** (Alexandre-François), Administrateur-Directeur de la *Société des Acières de Longwy*, à Mont-Saint-Martin (Meurthe-et-Moselle).
- Dreyfus** (Georges), Directeur de la *Société lilloise d'Éclairage électrique*, 87, rue de la Barre, à Lille (Nord).
- Dreyfus** (Jules), Directeur commercial de la *Société électrométallurgique française de Froges*, 12, rue Portalis, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Drin** (Léon-François-Victor), ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur de la *Compagnie Edison*, 54 bis, rue Michel-Ange, Paris, à 16<sup>e</sup>.
- Drouard** (Émile-Gustave), Ingénieur constructeur, électricien, 252, rue Lecourbe, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Drouët** (Louis-Jules), Ingénieur des Télégraphes, 63, rue Vaneau, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Drouin** (Félix-Honoré), Ingénieur en chef de la *Compagnie générale d'Électricité*, 9, rue des Pins, à Boulogne-sur-Seine (Seine). M. P.
- Dubois** (Édouard), Ingénieur à la *Compagnie pour la fabrication des Compteurs*, 99, rue Mademoiselle, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Dubois** (Henri-Edmond-Louis), 30, boulevard Gambetta, à Saint-Quentin (Aisne).
- Dubois** (Robert), Ingénieur du matériel à la *Compagnie des Chemins de fer de l'État*, 6, rue Gounod, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Dubournay** (Jean-Adolphe), Directeur des *Usines électriques de Terrasson, Saint-Céré et Mauriac*, à Terrasson (Dordogne).
- Dubs** (Hans), Ingénieur, Vice-Directeur générale della *Società Anglo Romana per l'illuminazione di Roma*, 14, Via Poli, à Rome (Italie).
- Ducastel-Blandin** (Georges), Négociant, Conseiller municipal de Lille, Président du *Syndicat professionnel des Industries électriques du Nord de la France*, 61, rue Nationale, à Lille (Nord).
- Ducellier** (Léon), Ingénieur, 74, rue Tahère, à Saint-Cloud (Seine-et-Oise).
- Duchesne** (Eugène-Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, 21, rue du Général-Foy, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Ducoussou** (Th.), Ingénieur-Conseil de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, à Loubatery, par Port-Sie-Marie (Lot-et-Gar.). M. F.
- Ducretet** (F.), Constructeur d'instruments de précision, 75, rue Claude-Bernard, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Duez** (G.), Ingénieur, 121, boulevard Pereire, à Paris, 17<sup>e</sup>.

- Dufion** (Louis), Ingénieur, à Villeneuve, canton de Vaud (Suisse).
- Dugas** (Jean-Paul), ancien Élève de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur électricien à la *Compagnie des Mines de la Grand Combe*, villa Béchard, La Grand Combe (Gard).
- Dujardin** (Amédée), 44, rue de la Grande-Chaussée, à Lille (Nord).
- Dulieux** (Ferdinand-Raymond), Ingénieur, *Service électrique de la Société française d'Incandescence par le Gaz*, 12, rue Fagon, à Paris, 13<sup>e</sup>.
- Dumartin** (Louis-Charles-Horace), Administrateur délégué de la *Société d'éclairage électrique du Boulonnais*, 95, rue Jouffroy, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Dumay** (Charles), Ingénieur attaché à la direction des *Usines Bréguet*, à Douai (Nord).
- Dumon** (Édouard), Stagiaire à la *Compagnie d'Électricité de Marseille*, 6, cours Pierre-Puget, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Dumont** (Eugène), Docteur ès Sciences, Ingénieur, Fondé de pouvoirs de la *Société française des câbles électriques (Système Berthoud, Borel et Cie)*, 11, rue du Pré-Gaudry, à Lyon (Rhône).
- Dumont** (Georges), ancien Président de la *Société des Ingénieurs civils de France*, Président de l'*Association des Industriels de France contre les Accidents du travail*, 23 bis, avenue Niel, à Paris, 17<sup>e</sup>. M. F.
- Dumont** (Paul-Jean-Charles), Ingénieur à la *Maison Bréguet*, 10, rue Lebonis, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Dumoulin** (Georges-Gustave-Gabriel), Ingénieur, 41 ter, avenue du Quesnoy, à Valenciennes (Nord).
- Dupau** (Charles), Ingénieur agronome, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur adjoint des améliorations agricoles, 68, boulevard Notre-Dame, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Dupé** (Henri-Alphonse), 43, rue de la Commanderie, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Duperron** (Georges), Ingénieur civil, attaché au Laboratoire électrotechnique du *Chemin de fer du Nord*, 97, rue du Château, à Asnières (Seine).
- Dupont** (Georges), Banquier, 52, boulevard Haussmann, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Dupont-Buèche** (Marc), Ingénieur conseil, ancien élève de l'*École Polytechnique de Zurich*, 37, rue Notre-Dame-de-Lorette, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Dupuis** (Lucien-Georges), Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 230, rue Saint-Denis, à Paris, 2<sup>e</sup>.
- Dupuy** (Jean-Fernand), Mécanicien principal de 1<sup>re</sup> classe de la Marine en retraite, Ingénieur à la *Cie lorraine d'Électricité*, 27, rue du Tapis-vert, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Dupuy** (Paul), Ingénieur-Conseil, 44, rue Taitbout, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Durand** (Albert), Ingénieur diplômé de l'*Ecole supérieure d'Électricité*, Chef de Travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 52, boulevard St-Jacques, à Paris, 14<sup>e</sup>. M. P.
- Durand** (E.-J.-L.), Ingénieur électricien, rue Neuve, à Saint-Mammès (Seine-et-Marne).
- Durand** (François-Valentin-Pierre-Sauveur), Directeur de l'*Union espagnole de fabriques d'engrais chimiques et de superphosphates*, Conseiller du Commerce extérieur de la France, 71, Apartado, à Séville (Espagne).
- Durand** (Henri-Auguste), Ingénieur diplômé de l'*École centrale d'Électricité*, 3, rue Auguste-Bartholdi, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Durangel** (George), Secrétaire général de la *Société Énergie électrique du Littoral méditerranéen*, 17, rue de La Rochefoucauld, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Durnerin** (Henri-Jean-Marie-Paul), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur-

- Constructeur (béton armé et travaux publics), Membre de l'*Union sociale des Ingénieurs*, 368, rue Saint-Honoré, à Paris, 1<sup>er</sup>. M. P.
- Duroussset** (Georges-Henri), Sapeur au 1<sup>er</sup> Génie, Compagnie 20/4, à Toul (Meurthe-et-Moselle).
- Durupt** (Charles-Ulderic), Ingénieur, Directeur technique de la *Maison P. Lebauf*, 8, place de la Mairie, à Saint-Mandé (Seine).
- Dusaughey** (Ernest), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur-Conseil, Ancien Directeur, général du *Sud électrique*, à Annecy-le-Vieux (Haute-Savoie).
- Dussaix** (H.), Ingénieur en Chef des *Travaux publics du Tonkin*, 11 bis, rue Deschamps, à Houilles (Seine-et-Oise).
- Duval** (Charles-Léon), Ingénieur, 19, rue des Batignolles, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Duval** (Henri-Louis-Marcel), Ingénieur électricien, 42, rue de Cambrai, à Douai (Nord).
- Dvorak** (Vincent), Professeur de l'Université croate, à Agram (Autriche-Hongrie).
- Dyrion** (Jules), Ingénieur électricien de l'*Institut de Grenoble*, Capitaine-Commandant au 5<sup>e</sup> Régiment d'Artillerie, à Besançon (Doubs).
- Éclancher** (J.-V.), Ingénieur E. S. E., E. P. E. I., Ingénieur-Constructeur, 3, rue Martinval, à Levallois-Perret (Seine).
- École d'Application du Génie maritime**, 140, boulevard du Montparnasse, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- École spéciale des Mines**, 5, rios Rosas, à Madrid (Espagne).
- Edwards** (Raphaël), Ingénieur civil et électricien, 1170 Agustinas, à Santiago (Chili).
- Ehrmann** (Paul), 60, rue Madame, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Eiffel** (Alexandre-Gustave), Ingénieur, ancien Président de la *Société des Ingénieurs civils de France*, 1, rue Rabelais, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Elluin** (Henri), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Licencié en droit, Ingénieur-Conseil en matière de propriété industrielle de l'*Office international Dupont et Elluin*, 162, boulevard Malesherbes, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Emery** (Louis), 59, rue Bonaparte, à Paris, 6<sup>e</sup>. M. F.
- Epergue** (Edmond), Ingénieur E. S. E., 26, rue de l'Aqueduc, à Paris, 10<sup>e</sup>.
- Erhardt** (Wilhelm), Chef du Service électrique de la *Maison Prowoduik*, à Riga (Russie).
- Esbran** (Lucien-Fernand), Ingénieur à la *Société anonyme Westinghouse*, 7, rue de Berlin, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Escarras** (Georges), Ingénieur E. S. E., Sous-Directeur du Service du gaz, à Monaco (Principauté de Monaco).
- Eschwège** (Paul), Ingénieur civil des Mines, Directeur de la *Société anonyme d'éclairage et de force par l'Électricité à Paris*, 26, rue Laffitte, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Espir** (Lucien), Administrateur délégué de la *General Electric de France L<sup>d</sup>*, 10 et 12, rue Rodier, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Estrade** (Joachim), Directeur des *Sociétés méridionales d'Électricité et de Transport de force*, à Carcassonne (Aude).
- Etablissement central de Télégraphie militaire**, 51 bis, boulevard de Latour-Maubourg, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Evain** (Alfred), Ingénieur électricien I. E. E., Chef du Service électrique de la *Société des Acieries de Longwy*, au Mont-Saint-Martin (Meurthe-et-Moselle).
- Faber** (Charles-Auguste), Ingénieur des Arts et Manufactures, Conseil en matière de propriété industrielle, 33, rue Joubert, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Fabre** (Henri), Ingénieur électricien, 45, rue Breteuil, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

- Fabre** (Louis-Paul), 2, rue Belloni, à Paris, 15°.
- Fabry** (Charles), Professeur à la *Faculté des Sciences de Marseille*, 1, rue Clapier, à Marseille (Bouches-du-Rhône). M. P.
- Fahie** (J.-J.), *Grimm's Hill End*; Great Missenden Buckshire (Angleterre). M. F. M. P.
- Falguières** (Émile-Guillaume), ancien Ingénieur de la *Compagnie des Compteurs*, Professeur à l'*École Bréguet*, Ingénieur chef du *Laboratoire du Bureau de contrôle des Installations électriques*, 140, boulevard Maurice Berteaux, à Carrières-sur-Seine (Seine).
- Faramond de Lafajole** (Roger-Pierre-Joseph de), Ingénieur-Conseil mécanicien E. C. P., *Spécialité de moteurs à pétrole lourd (système Priestmann) pour l'Industrie, l'Agriculture, la Navigation*, 155, boulevard Saint-Germain, à Paris, 7°.
- Fargues** (J.), Membre de la *Société asiatique de Paris*, M. S. T. E., etc., 81, rue de Paris, à Montmorency (Seine-et-Oise). M. F. M. P.
- Faria** (Oswaldo de), Ingénieur électricien, 14, rue Georges-Ville, à Paris, 17°.
- Farlet** (Pierre), Licencié ès Sciences, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur à la *Société Sud-Lumière*, 3, avenue du Petit-Chambord, à Bourg-la-Reine (Seine).
- Farman** (Dick), Ingénieur électricien, Mécanicien, 28, rue Marbeau, à Paris, 17°. M. P.
- Fasse** (J.-E.), 12, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône). M. F.
- Faucher** (Louis), Ingénieur à la *Compagnie de Fives-Lille*, 14, rue de Strasbourg, à Givors (Rhône).
- Fauchon-Villeplée** (André), Ingénieur des Arts et Manufactures, Expert près la *Cour d'Appel de Paris*, 77, rue de Prony, à Paris, 17°.
- Fauconneau** (Albert), à Flavigny, par Néronde (Cher).
- Fauconnier**, Ingénieur des Arts et Manufactures, Président du Conseil d'administration de la *Société orléanaise pour l'éclairage au Gaz et à l'Électricité*, 19 bis, avenue de la Mouillère, à Orléans (Loiret). M. F.
- Faugier** (Prosper), Capitaine au 46° régiment d'Infanterie, 209, avenue Daumesnil, à Paris, 12°. M. F.
- Faure** (Jean), Directeur des *Tramways électriques de Lille et sa banlieue*, Administrateur des *Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est et des Tramways électriques d'Astrakan*, 304, rue Nationale, à Lille (Nord).
- Faure Beaulieu** (Jacques), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur-Directeur de la *Société générale des Constructions mécaniques*, 54, avenue de la République, à Paris, 11°.
- Faure-Miller** (Dr Roland), ancien Interne des hôpitaux de Paris, Lauréat de la Faculté de Médecine de Paris, 8, rue de Miromesnil, à Paris, 8°. M. F.
- Fave** (Alexandre), Directeur de la *Société hydroélectrique des Basses-Pyrénées*, 2, place du Château-Vieux, à Bayonne (Basses-Pyrénées).
- Favret** (Jean-Alfred), 7, rue Rosa Bonheur, à Paris, 15°.
- Fay** (Philippe), Ingénieur, Secrétaire général de l'*Entreprise générale des travaux du Chemin de fer des Alpes bernoises (Berne-Lötschberg-Simplon)*, 34, avenue de Courbevoie, à Asnières (Seine).
- Fayard** (Prosper), ancien Magistrat, 35, avenue Denfert-Rochereau, à Saint-Étienne (Loire). M. F.
- Fayolle** (Aimé), 3, rue Guy Colombet, à Saint-Étienne (Loire).
- Fayot** (Louis), Directeur des ateliers de la *Maison Breguet*, boulevard Vauban, à Douai (Nord).

- Féder** (Émile-Louis), Ingénieur principal du Matériel et du Service électrique aux *Mines de Liévin*, à Liévin (Pas-de-Calais).
- Feilchenfeld** (Adam), Ingénieur électricien diplômé de l'*Institut électrotechnique de l'Université de Lille*, 29, rue Gay Lussac, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Féron** (Jacques), Ingénieur à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 95, rue de Rennes, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Ferré** (Ferdinand-Louis-Ernest), Chef d'usine au *Sud électrique*, 18, boulevard Talabot, à Nîmes (Gard).
- Ferrère** (Edmond), Administrateur-Directeur de l'*Hydro-électrique de la Dronne*, à Bonnes, par Aubeterre-sur-Drôme (Charente).
- Ferrié** (Gustave-Auguste), Chef de Bataillon du Génie, *Établissement central de la Télégraphie militaire*, 23, boulevard du Montparnasse, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Ferrier** (Paul), Ingénieur constructeur de Lignes électriques, 17, boulevard Belle-Ile, à Rodez (Aveyron).
- Ferron** (Louis-Amilcar), Ingénieur, Chef des Services des Usines de la *Société pyrénéenne du Silico-manganèse*, à Pierrefitte-Nestalas (Hautes-Pyrénées).
- Fesquet** (Paul-Louis), Ingénieur conseil E. P. C., Licencié ès Sciences, 109, cours de Vincennes, à Paris, 20<sup>e</sup>.
- Fétaz** (Joseph), Ingénieur E. S. E. Ingénieur chargé de la direction technique des *Usines de la Société du gaz de Beyrouth*, à Beyrouth (Syrie).
- Fichter** (Marcel-René), Inspecteur au *Bureau de contrôle des installations électriques*, 10, rue du Buisson-Saint-Louis, à Paris, 10<sup>e</sup>.
- Fieschi** (Emile), Ingénieur à la *Société l'Éclairage électrique*, 192, rue de Vaugirard, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Filleul-Brohy** (Georges), Directeur-Associé de la *Maison Houry et C<sup>ie</sup>*, château de la Perrigne, par Savigny-Lévêque (Sarthe).
- Fischmann** (Jacques), Ingénieur diplômé de E. P. de Bruxelles et de E. S. E., Ingénieur à la *Section des tramways et chemins de fer électriques de l'A. E. G. de Saint-Petersbourg*, 34, Kamenwstroski, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Flayelle** (Gustave), Propriétaire, Directeur de la *Revue mensuelle de Radiotélégraphie et Radiotéléphonie « T. S. F. »*, 36, rue de Mons, à Valenciennes (Nord).
- Fleury** (Charles-Médéric), Ingénieur principal des Services électriques du réseau de Nancy de la *Compagnie générale d'Électricité*, 3, boulevard Lobau, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Fleury** (Pierre-Marie-Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur au *Bureau Th. Vautier*, 13, rue Grolée, à Lyon (Rhône).
- Foiret** (Anatole), Administrateur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 31, rue Claude-Vellefaux, à Paris, 10<sup>e</sup>.
- Foltz** (Jean), Ingénieur électricien, 15 bis, rue Théodule-Ribot, à Colombes (Seine).
- Fontaine** (Eugène-Paul), Président de la *Société d'assurances mutuelles « La Participation »*, Secrétaire général du *Syndicat professionnel des Usines d'Électricité*, 27, rue Tronchet, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Forey** (Pierre), 36, quai Saint-Cosme, à Châlon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Forstall** (Georges), Ingénieur I. E. N., 73, avenue de Jussieu, à Lambersart (Nord).
- Foucault** (René-Stanislas-Jean), Ingénieur des Chemins de fer de l'État, chargé du Service de l'Exploitation électrique, 5, rue de Laborde, à Paris, 8<sup>e</sup>.



**Foulhouze** (Amable), Ingénieur civil, Docteur en droit, Ingénieur à la *Société anonyme Westinghouse*, 43, rue d'Annonay, à Saint-Étienne (Loire).

**Fourcault** (Didier-Léon), Ingénieur, Professeur à l'*Association Philotechnique*, 20, villa Émile-Loubet, à Paris, 19<sup>e</sup>.

**Fournaraki** (Léon), Ingénieur dirigeant la *Succursale de l'Accumulatoren Fabrik AG* (système Tudor de Berlin en Roumanie), 106, boulevard Derechantiller, à Bucarest (Roumanie).

**Fournier** (Georges), Ingénieur en chef des installations de tramways de la *Compagnie française des procédés Thomson-Houston*, 4, rue Léon Vaudoyer, à Paris, 7<sup>e</sup>.

**Fournier** (Henri-Victor), Ancien élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur aux *Établissements Schneider et C<sup>ie</sup>*, 76, rue de l'Abbé-Groult, à Paris, 15<sup>e</sup>.

**Fournier** (Jean), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 7, rue de Berlin, à Paris, 9<sup>e</sup>.

**Foveau de Courmelles** (Dr), Directeur de l'*Année électrique*, Lauréat de l'Académie de Médecine, Licencié ès Sciences physiques, ès Sciences naturelles, en Droit, Professeur libre d'*Électrothérapie et Radiographie*, 9, rue Tronchet, à Paris, 8<sup>e</sup>.

**Foy** (Fernand), Directeur-Gérant de la *Maison F. Foy et C<sup>ie</sup>, Manufacture d'articles en carton moulé comprimé et laqué*, 54, rue de l'Haÿ, à Gentilly (Seine).

**Fraget** (Alphonse-Jean), Ingénieur, Directeur des *Établissements de la Compagnie des Compteurs*, 18, boulevard de Vaugirard, à Paris, 15<sup>e</sup>.

**France** (Etienne de), Ingénieur civil des Mines, Directeur adjoint des Services commerciaux de la Société l'*Éclairage électrique*, 6, rue de Solferino, à Paris, 7<sup>e</sup>.

**Franck** (Charles-Henri), Ingénieur à la *Maison Michelin*, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).

**François** (André), Ingénieur E. S. E., hôtel de la Gare, à Saint-Dizier (Haute-Marne).

**Franquet** (Henri-Gustave), à Ressons-sur-Matz (Oise). M. P.

**Fric** (René-Jean-Louis), à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).

**Frison fils** (Émile), Applications industrielles de l'électricité, à Jonchery (Haute-Marne). M. F.

**Fröhlich** (Raoul), Ingénieur E. S. E., affinage de métaux, 11, rue des Taillandier, à Paris, 11<sup>e</sup>.

**Frouin** (André), Directeur de l'Exploitation télégraphique au *Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes*, 6, rue Joseph-Bara, à Paris, 6<sup>e</sup>. M. F.

**Furet** (Pierre-Gustave), Ingénieur électricien de la *Champagne électrique*, rue du 1<sup>er</sup> Mai, à Romilly-sur-Seine (Aube). M. P.

**Gabriet** (Léon), Directeur de *Lumière et Force par l'Électricité*, 13, rue Vavin, à Paris, 6<sup>e</sup>.

**Gaiffe** (Georges), Ingénieur électricien, 59, boulevard Saint-Michel, à Paris, 5<sup>e</sup>. M. F.

**Gaillard** (Henri), Ingénieur électricien, 43, rue Gabrielle, à Charenton (Seine).

**Gaillard** (Joseph-M.-L.), Ingénieur, villa La Retraite, à Saint-Genis-Laval (Rhône). M. P.

**Gajan** (Eugène-Henri-Louis), Enseigne de vaisseau hors cadres, Ingénieur E. S. E., Ingénieur représentant la *Compagnie française* pour l'exploitation des procédés *Thomson-Houston*, 31, rue de Carcouet, à Nantes (Loire-Inférieure).

**Gall** (Henry), Administrateur délégué de la *Société d'Électrochimie*, 4, rue Albert-Joly, à Versailles (Seine-et-Oise).

**Gallay** (Émile-Marie), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur de la *Société*

- de Gaz et d'Électricité de Saint-Junien*, de la *Société de Transports pour les Services municipaux de la ville de Paris*, de la *Société centrale des Ilots électriques*, 35, rue Brunel, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Gallet** (O.-A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 344, rue de Vaugirard, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Gallice** (Georges), ancien élève de l'École Polytechnique, 1, rue Basse-de-la-Terrasse, à Bellevue (Seine-et-Oise). M. F.
- Gallini** (Aristide), Capitaine de vaisseau, en retraite, à Granville (Manche).
- Galliot** (F.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 298, rue de Vaugirard, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Gallot** (Georges), gérant de la *Société Gallot et C<sup>ie</sup>*, 69, boulevard Pasteur, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Galmiche** (Charles), 40, boulevard des Invalides, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Gamard** (Gustave), Professeur honoraire à l'Association philotechnique, 28, rue de Rivoli, à Paris, 4<sup>e</sup>.
- Garbani** (Louis-Joseph), Directeur de la *Filiale de Paris de la Société Anonyme G. G. S. pour Instruments électriques*, 25, rue Pasquier, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Garbarini** (André), Ingénieur électricien E. P. E. I., E. S. E., 23, rue de Colombes, à Courbevoie (Seine).
- Garcin** (Julien-François-William), Ingénieur E. S. E., Licencié ès Sciences, de la *Société Bergerat et Garcin, Concessionnaires de MM. Sir W.-G. Armstronge Whitworth and C<sup>o</sup>*, 49, Avenue de la Grande-Armée, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Garfield** (Alexander-Stanley), Ingénieur en chef de la *Compagnie française Thomson-Houston*, Ingénieur-Conseil de la *General Electric Company de New-York* 67, avenue de Malakoff, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Gariel** (C.-M.), Professeur honoraire à la *Faculté de Médecine*, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, 6, rue Édouard-Detaille, à Paris, 17<sup>e</sup>. M. F.
- Gariel** (Maurice-Marie-Joseph), 2, rue de la Paix, à Grenoble (Isère).
- Garnier** (Jean), Ingénieur électricien, 3, Quai Claude-Bernard, à Lyon (Rhône).
- Garnier** (Paul), Horloger mécanicien, Fabricant d'horlogerie électrique, 9, rue Beudant, à Paris, 17<sup>e</sup>. M. F.
- Garry** (Étienne-Louis), Ingénieur de la *Maison Bréguet*, 34, rue Victor-Hugo, à Lyon (Rhône).
- Gasnier** (Paul), Chef des travaux pratiques d'électricité, chargé de Conférences, à l'École de Physique et de Chimie industrielles de Paris, 16, rue Hallé, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Gasquet** (Roger), ancien Élève de l'École Polytechnique, 116, rue de la Boétie, à Paris, 8<sup>e</sup>. M. P.
- Gaston-Dreyfus** (René), Ingénieur des Arts et Manufactures, 5, avenue Montaigne, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Gateau** (Raymond), Sous-Inspecteur des Services électriques à la *Compagnie des Chemins de fer du Nord*, 24, avenue Ernest-Renan, à Saint-Gratien (Seine-et-Oise).
- Gatehouse** (T.-E.), J. R. S. E., A. M. I. C. E.; M. I. M. E., M. I. E. E.; *Editor Electrical Review*, 4, Ludgate hill, London E. C. (Angleterre). M. F.
- Gaucharaud** (Alfred-Antoine), Ingénieur à la *Compagnie générale d'Électricité de Creil*, 39, rue Victor-Hugo, à Creil (Oise).
- Gaucher** (Henri-Ernest), Ingénieur électricien E. S. E., 68, rue Gay-Lussac, à Paris, 5<sup>e</sup>.

- Gaudet** (Charles-Henri), Directeur général de la Société l'*Éclairage électrique*, 364, rue Lecourbe, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Gaudouin** (François-Clément), Mécanicien en chef de la Marine, 3, boulevard Grignan, à Mourillon-Toulon (Var).
- Gaultier** (Georges), Ingénieur, 14, rue Dumont-d'Urville, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Gaumont** (Léon), Administrateur-Directeur de la *Société des établissements Gaumont*, 57, rue Saint-Roch, à Paris, 1<sup>er</sup>.
- Gaumy** (René-Marcel), *Entreprises générales : électricité et hydraulique*, 29, rue de Fontenay, à Vincennes (Seine). M. P.
- Gaupillat** (Marcel), Ingénieur des Arts et Manufactures, 2, rue Marbeuf, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Gauthier** (Paul-Jean-François), Ingénieur Directeur des *Mines de Carvin*, à Carvin (Pas-de-Calais).
- Gauthier** (Pierre), Administrateur de la *Société d'entreprises générales de Mécanique et d'Électricité, Gauthier, Leclerc et Cie*, 25, boulevard G.-Favon, à Genève (Suisse).
- Gauthier-Villars** (Albert), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Imprimeur-Éditeur, 55, quai des Grands-Augustins, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Gavriloff** (Jean), Colonel, Ingénieur de la Marine impériale russe, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Vasili Ostrov, 2<sup>e</sup> ligne, n° 37, log. 2, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Gaydan** (Alfred), 18, rue Victor-Aubry, à Gagny (Seine-et-Oise).
- Gazanion** (Paul), Ingénieur, Chef du Laboratoire de la *Compagnie d'Électricité de Brest et extensions*, 149, rue de Paris, à Brest (Finistère).
- Gendre** (Paul), Ingénieur électricien (E. P. E. I.), à Montpon-sur-l'Isle (Dordogne).
- Geneux** (François), Directeur de la *Société des Forces électriques de la Goule*, à Saint-Imier (Suisse).
- Genkin** (D.), Licencié ès Sciences, Ingénieur à la *Société nantaise d'éclairage par l'Électricité*, 16, rue de Lamoricière, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Genkin** (Wladimir), Ingénieur du service électrique à la *Société du gaz et de l'électricité de Marseille*, 45, boulevard du Muy, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Génon** (Henri), ancien Préparateur à l'*École supérieure d'Électricité*, 137, boulevard Saint-Michel, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Genty** (Émile-Louis-Constant), Agrégé de l'Université, Ingénieur diplômé E. S. E., Ingénieur à la *Maison Normant Frères*, à Romorantin (Loir-et-Cher).
- Geoffroy** (Eugène), Manufacturier, 119, boulevard Haussmann, à Paris, 8<sup>e</sup>. M. F.
- George** (Henri-Jean-Charles), Ingénieur E. S. E., 167, rue de Vaugirard, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- George** (René), Licencié ès Sciences, 38, rue Vital, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Georges-Picot** (Pierre), Directeur des exploitations de la *Compagnie centrale d'Énergie électrique*, 6, rue Leroux, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Gerard** (Eric), Directeur de l'*Institut électrotechnique Montefiore*, 35, rue Saint-Gilles, à Liège (Belgique).
- Gérard** (Ernest), Secrétaire général du Ministère des Chemins de fer, 12, rue Henri-Beyaert, à Bruxelles (Belgique).
- Getting** (Édouard-Henri), Administrateur délégué de la *Compagnie française de charbons pour l'électricité*, usine du Moulin noir, à Nanterre (Seine).
- Ghaisne de Bourmont** (Louis-Henri-Marie-Armand de), Capitaine d'Artillerie, 7, rue Maurepas, à Versailles (Seine-et-Oise).

- Gheorghia** (Ion-S.), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur électricien, Chef de section aux *Chemins de l'État*, 111, Strada Fontanei, à Bucarest (Roumanie).
- Gibert** (Arthur), Ingénieur E.-C.-P., Installateur d'électricité, Constructeur électricien, 87, rue Saint-Thomas, à Saint-Quentin (Aisne).
- Gignon** (Charles-Albert), Lieutenant de vaisseau, à bord de la *Démocratie*, à Toulon (Var).
- Gigot** (Marcel-Albert-Eugène), 9, rue Eugène-Delacroix, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Giles** (Georges), Directeur et Administrateur de la *Société des Condensateurs*, Administrateur de la *Société des Procédés Béciqueul*, à Fribourg (Suisse).
- Gilles-Saint-Germain** (René), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur à la *Société industrielle des Téléphones*, 142, boulevard Pereire, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Giloteaux** (Georges), Ingénieur E. S. E., Licencié ès Sciences et Licencié en droit, Directeur adjoint des *Ardoisières de Rimogne*, à Rimogne (Ardennes).
- Gin** (Gustave), Ingénieur électrométallurgiste, 149, rue de Rome, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Gindre** (Eugène), ancien Élève de l'École Polytechnique, Directeur de la *Société anonyme « Le Carbone »*, 18, rue de Berlin, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Girard** (Charles), Ingénieur chimiste, Expert près les tribunaux, Directeur honoraire du *Laboratoire municipal de Paris*, 40, boul. de la Bastille, à Paris, 12<sup>e</sup>. M. F.
- Girard** (Louis), Conducteur municipal, 156, rue de Belleville, à Paris, 20<sup>e</sup>.
- Girard de Vasson** (Jean-Bertrand), Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Licencié ès Sciences, 7, rue Saint-Nicolas, à Blois (Loir-et-Cher).
- Girardin** (Marc), 17, boulevard de Strasbourg, à Boulogne-sur-Seine (Seine).
- Giraud** (Benjamin), Ingénieur à la *Société Magnéta*, 34, rue Saint-Jacques, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Giraud** (Maurice), Ingénieur aux *Hauts Fourneaux et Forges d'Allevard*, à Allevard (Isère).
- Giraud-Toulon** (Marc-Antoine-Félix-Emile), Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Ingénieur à la *Société grenobloise de Force et Lumière*, à La Mulatière (Rhône).
- Girault** (Paul-Gabriel), Ingénieur aux *Ateliers Thomson-Houston*, 53, rue Mathurin-Régnier, à Paris, 15<sup>e</sup>. M. P.
- Giron** (Julien-Charles), Ingénieur aux *Galleries Lafayette*, 6, avenue de la Gare, à Houilles (Seine-et-Oise).
- Girousse** (Gaston), Ingénieur des Postes et des Télégraphes, Secrétaire général du *Triphasé*, 154, avenue Émile-Zola, à Paris, 15<sup>e</sup>. M. P.
- Gleyre** (Constant), Ingénieur, 9, rue Pillet-Will, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Godfroy** (Fernand), Directeur de la *Compagnie française des Câbles télégraphiques*, à Brest (Finistère).
- Godinet** (Auguste), Ingénieur en chef des *Usines à Gaz et d'Électricité* (MM. de Lachomette et Villiers), 4, quai de la Pêcherie, à Lyon (Rhône).
- Goisot** (George-André-Félix), Constructeur d'appareils de chauffage par l'électricité, 10, rue Béliador, à Paris, 17<sup>e</sup>. M. P.
- Goldschmidt** (Charles-André), Directeur général de l'Électro-Entreprise, 46, rue du Rocher, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Goldsmith** (Ferdinand), Ingénieur principal honoraire des *Chemins de fer de l'État*, 94, boulevard Flandrin, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Gomien** (Ernest-Jean-Alfred), Ingénieur à l'*Omnium Lyonnais des Chemins de fer et Tramways*, 25, boulevard Garibaldi, à Paris, 15<sup>e</sup>.

- Gomonet** (Eugène), Ingénieur à la *Compagnie des Accumulateurs Union*, 10, Villa Poirier, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Gondard** (Georges-Pierre), Ingénieur à la *Société anonyme électro-textile*, 117, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Gorce** (Paul-Marie-M.-E. de la), Ingénieur, Chef de travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 4, rue Joseph-Bara, à Paris, 6<sup>e</sup>. M. P.
- Goudet** (Hugo-François-Joseph), Ingénieur E. S. E., 26, boulevard Dubouchage, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Gourdeau** (Gaston-Marcel), Ingénieur des *Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est*, 83, rue Lévis, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Gourguechon** (Georges), Ingénieur au Corps des Mines, 49, rue Claude-Lorrain, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Graff** (John), Ingénieur principal de la *Société grenobloise de Force et Lumière*, 3, rue Président Carnot, à Lyon (Rhône).
- Gramont** (Comte Arnaud de), Docteur ès Sciences physiques, Membre de l'Institut, 179, rue de l'Université, à Paris, 7<sup>e</sup>. M. P.
- Granat** (Élie) Ingénieur de la *Société Barbier, Benard et Turenne*, 38, boulevard Magenta, à Paris, 10<sup>e</sup>.
- Grandjean** (Jules), Ingénieur E.C.P.; E.S.E.; *Fournitures générales pour l'électricité*, 15, cours du Chapitre, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Grandmasson** (Émile), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur civil des Mines, Directeur de la fabrique *Luz Stearica*, 7, Praiadas Palmaras, à Rio-Janeiro (Brésil).
- Grandry** (René-Raphaël), Chef du Service Électrique de la *Société des Forges et Acieries de Huta-Bankowa*, à Dombrowa (Russie).
- Granger** (Paul-Théodore-Auguste), Ingénieur de la Marine démissionnaire, 98, boulevard Saint-Germain, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Granier** (Jean-Marie-Henri), Ingénieur E. S. E., caporal télégraphiste, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Grassot** (Émile), Ingénieur à la *Compagnie pour la Fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz*, 22, rue des Sorrières, à Meudon (Seine-et-Oise). M. P.
- Gratacap** (Adolphe), Ingénieur constructeur E. S. E.; Directeur des *Usines de Maurs et de Riom-ès-Montagne*, à Maurs (Cantal).
- Gratzmuller** (Louis), Ingénieur-Conseil, parc de la Malmaison, à Rueil (Seine-et-Oise).
- Gray** (C.-H.), *India Rubber and Telegraph Works Co*, Silvertown, London E. (Angleterre). M. F. M. P.
- Gray** (Robert-K.), 106, Cannon Street, London E. C. (Angleterre). M. F. M. P.
- Gray** (W.-E.), *India Rubber and Telegraph Works Co*, Silvertown, London E. (Angleterre). M. F. M. P.
- Grelley** (Pierre-Jules-Alfred), Directeur de l'*Usine d'Appareillage électrique de la Société Industrielle des Téléphones*, 31, rue du Château, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Grelot** (Paul-Henri), 30, rue de la Fryserie, à Provins (Seine-et-Oise).
- Greslé** (Henri), Entrepreneur d'installations électriques, 44, boulevard de Latour-Maubourg, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Griffisch** (G.-J.), Professeur de Mécanique à l'*Union française de la Jeunesse*, Ingénieur-Conseil en matière de traction électrique, Lauréat de la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, 47, rue Tilly, à Colombes (Seine).

- Grimaldi** (Giovan-Pietro), Docteur ès Sciences physiques, Professeur ordinaire de Physique et Directeur du Laboratoire de Physique à l'*Université de Catania*, Recteur de l'*Université de Catania*, Délégué de la *Société italienne de Physique pour la rédaction du « Nuovo Cimento »*, Membre de la *Société française de Physique*, via Androne, 25, à Catania (Italie).
- Grivet** (René), Chef du Service électrique à la *Société anonyme des Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries de Denain et d'Anzin*, 80, rue Saint-Amand, à Denain (Nord).
- Gros** (Antoine), Chef du Service électrique à la *Société d'Éclairage de Montreuil*, 10, rue Carnot, à Montreuil-sous-Bois (Seine).
- Grosdidier** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, 17, rue Cardinet, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Grosjean** (Robert-Henri-Louis), 65, avenue de France, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Groslier** (Léon), 29, avenue Félix-Faure, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Grosrenaud** (R.-E.), Ingénieur, Directeur de la *Société Énergie Électrique de Meuse et Marne*, 9, rue Berthelot, à Saint-Dizier (Haute-Marne).
- Grosselin** (Marie-Joseph), Ingénieur civil des Mines, 26, rue Godot-de-Mauroi, à Paris, 9<sup>e</sup>. M. P.
- Gryois** (Léon-Gustave), Ingénieur civil, à Torchamp, par Donfront (Orne).
- Guelpa** (Gustave-Georges), Ingénieur, 3, rue Monge, à Alger (Algérie).
- Guenzel** (Jean), Ingénieur-Électricien, ancien élève de l'Institut E. I. de Toulouse, stagiaire à la *Société française Radioélectrique*, Poste restante, bureau 60, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Guerard** (Joseph), Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, hôtel du Mérisier, à Champagne-sur-Seine (Seine-et-Marne).
- Guérin** (Pierre), 4, rue Cambon, à Paris, 1<sup>re</sup>.
- Guery** (François-Charles), Ingénieur, chef des *Services électriques de l'Omnium Lyonnais de Chemin de fer et de Tramways*, 18 bis, rue du Marché, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Guesde** (Mario), ancien Élève de l'*École nationale des Ponts et Chaussées* et de l'*École supérieure d'Électricité*, Chef du *Service des lignes et réseaux à la Energía Electrica de Cataluna*, à Barcelone (Espagne).
- Guibert** (Arthémir-Léonce-Marius-Michel), Villa Archambault, 17, rue Louis Narbonne, à Hussein-Dey, près Alger (Algérie).
- Guibert-Lassalle** (René-Léon-Pierre), Ingénieur électricien, Ingénieur-Conseil en matière de propriété industrielle (*Brevets d'invention*), 13, rue Grange-Batelière, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Guichard** (Marcel), Directeur technique de la *Société d'Électricité Mors*, 3, avenue de la République, à Paris, 3<sup>e</sup>.
- Guierre** (Maurice-Lucien), Enseigne de Vaisseau, à bord du cuirassé *Vergniaud*, escadre de la Méditerranée, à Toulon (Var).
- Guilbert** (Cyrille-Fernand), Ingénieur électricien, 248, boulevard Raspail, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Guilhem** (Eugène), Ingénieur des Arts et Manufactures, 12, place Gramont, à Pau, (Basses-Pyrénées).
- Guillaume** (Charles-Édouard), Directeur adjoint du *Bureau international des Poids et Mesures*, Correspondant de l'Institut de France, Pavillon de Breteuil, à Sèvres (Seine-et-Oise).
- Guillaume** (Pierre-Antonin), Ingénieur électricien E. C. L., Directeur de la *Société Le Centre électrique*, à Saint-Amand (Cher).

**Guillemin** (Prosper-Victor), Ingénieur de la *Compagnie de Five-Lille*, 8, rue des Ateliers, à Fives-Lille (Nord).

**Guillez** (Louis-Émile), Inspecteur des *Services électriques aux Chemins de fer du Nord*, 77, rue de la Chapelle, à Paris, 18°.

**Guillon** (Émile-Philippe), Ingénieur-Conseil I. I. N., E. S. E., Directeur de l'*Office Technique*, 18, rue Choron, à Paris, 9°.

**Guilloteau** (Maxime), centre d'aviation militaire de Toussus-le-Noble, par Chateaufort (Seine-et-Oise).

**Guinant** (Émile), 73, rue Vallier, à Levallois-Perret (Seine).

**Guinochet** (René-Camille-Albert), 47, rue Jacob, à Paris, 6°.

**Guiraud** (Paul-Henri-Justin-Marie), Lieutenant de vaisseau à bord du cuirassé *Vergniaud*, à Toulon (Var).

**Guillard** (Pierre-Paul), Ingénieur, 30, rue du Parc, à Issy-les-Moulineaux (Seine).

**Guittou** (Adrien), Ingénieur, gérant de la *Société électrique de Briançon*, 24, rue de la Bourse, à Saint-Étienne (Loire). M. F. M. P.

**Gutbier** (Paul-Ferdinand), Inspecteur principal du *Service électrique des Chemins de fer de l'État*, 70, avenue de la Grande-Armée, à Paris, 17°.

**Gutperle** (A.), Administrateur-Directeur de la *Térébenthine française*, 16, rue Pascal, à Nanterre (Seine). M. F.

**Guy** (Georges-Théodore), Ingénieur attaché à la direction de la *Maison Harlé et Cie*, 26, avenue de Suffren, à Paris, 15°.

**Guyau** (Augustin-Antoine-André), Docteur ès Sciences, Ingénieur, 41, boulevard Raspail, à Paris. 7°. M. P.

**Hacart** (Octave-Frantz), Ingénieur A. M. et E. S. E., Directeur de la *Manufacture de Feutres*, à Bapaume-les-Rouen, par Deville (Seine-Inférieure).

**Hainglaise** (Pierre-Victor), Sous-Directeur de la *Société Sud-Lumière*, 45, rue des Cheneaux, à Sceaux (Seine).

**Halleux** (Armand), Professeur à l'*École des Mines* et à la *Faculté polytechnique du Hainaut*, 92, rue du Tabellion, à Bruxelles (Belgique).

**Halphen** (André), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 23 rue Fortuny, à Paris, 17°.

**Hamilton** (Georges-A.), Ingénieur de la *Western Electric Co*, 532, Morris Avenue Elisabeth, à New-Jersey (U. S. A.). M. F.

**Hamm** (Lucien-Auguste-André), de la *Maison L. Hamm et Cie*, Ingénieurs-Constructeurs, 23, rue de Ponthieu, à Paris, 8°.

**Hammer** (Jean), Administrateur délégué de la *Compagnie générale électrique*, 54, boulevard Godefroy-de-Bouillon, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).

**Hanning** (William), Ingénieur, 17 et 19, rue de Maubeuge, à Paris, 9°.

**Hannothiaux** (Eugène), Directeur de la *Compagnie d'Électricité de Varsovie*, 11, Foksal, à Varsovie (Russie).

**Hansez** (Charles), Ingénieur diplômé de l'École Polytechnique fédérale de Zurich, 24, rue Stractman, à Belfort (territoire de Belfort).

**Hardy** (André-Ernest), Ingénieur des Télégraphes, 6, rue César-Franck, à Paris, 15°.

**Harlé** (Émile), ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées, Associé-Gérant de la *Maison Harlé et Cie*, 26, avenue de Suffren, à Paris, 15°.

**Hartenheim** (Max), Chef du Bureau d'Études à la *Société anonyme Westinghouse*,

- 2, Place Frédéric-Sauvage, à Saint-Adresse-Le-Hâvre (Seine-Inférieure).
- Hatfield** (Henry-Stafford), Collaborateur scientifique de la *Verrerie Schott et Genessen*, Herzogin Elizabethstr, 23, à Braunschweig (Allemagne).
- Hauser** (Henri), Ingénieur-Conseil, Professeur à l'*École des Mines de Madrid*, Membre de la *Réal Academia de Ciencias*, Ancien *Président de la Société espagnole de Physique et Chimie*, Secrétaire de la Commission *du Grisou*, rue Zorrilla, n° 33, à Madrid (Espagne). M. P.
- Haussadis** (Henri-Louis), Ingénieur électricien, à Vaux-sur-Seine (Seine-et-Oise).
- Hayet** (Auguste), Ingénieur, Chef du Service central des installations de la *Compagnie française Thomson-Houston*, 10, rue de Londres, à Paris, 9°.
- Hébert** (Paul-Charles-Albert), Ingénieur-Constructeur, 58, b<sup>d</sup> Pasteur, à Paris, 15°.
- Heilmann** (Josué), Ingénieur, Fondé de pouvoirs de la *Société alsacienne de Constructions mécaniques*, 12, avenue des Trois-Chênes, à Belfort (territoire de Belfort).
- Heinz** (Alfred), Ingénieur constructeur électricien, 4 bis, rue de l'Embranchement, à Asnières (Seine).
- Heitmann** (Edwards), *The Canadian Crocker Wheeler Co L<sup>d</sup>*, à Sainte-Catherine (Ontario, Canada).
- Héltas** (Gilbert-Henri), Ingénieur électricien E. S. E., aux *Ateliers Carpentier*, 3, rue Pestalozzi, à Paris, 5°.
- Heller** (Richard), Ingénieur électricien, 18 et 20, cité Trévise, à Paris, 9°.
- Hély** (Jean), Ingénieur de la *Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston*, 5, rue Clapeyron, à Paris, 8°.
- Henrard** (Georges), Administrateur-Directeur de la *Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône*, 37, rue de la République, à Lyon (Rhône).
- Henrion** (Edmond), Ingénieur, Chef de travaux à l'*École Pratique d'Électricité industrielle* 6, rue Sédillot, à Paris, 7°.
- Henry** (Adolphe), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Directeur de la *Société de Location de Wagons de grande capacité (Système Arbel)*, 26, rue Turin, à Paris, 8°.
- Henry** (René), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Raffinerie Sommier*, 89, boulevard Exelmans, à Paris, 16°. M. F.
- Hering** (Carl), docteur ès-sciences, Consulting Electrical Engineer, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 929, Chesnut street, à Philadelphie, Pa. (U. S. A.).
- Héritier** (A.-L.-E.), Ingénieur, Chef des Services mécanique et électrique de la *Compagnie d'Électricité de Montpellier*, impasse du Jeu-de-Ballon, à Montpellier (Hérault).
- Herrenschmidt** (Henri), ancien Chef de Travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 10, boulevard de Magenta, à Paris, 10°.
- Herrero** (Wilfred-M.), Ingénieur-Constructeur, 5, rue Laffitte, à Paris, 9°.
- Herrgott** (Joseph-Michel-Camille), Ingénieur aux *Ateliers de Constructions hydro-électriques* E. Chaudel-Page, La Sablière, au Valdoie (territoire de Belfort).
- Herrmann** (Henri), Arbitre rapporteur près le Tribunal de Commerce de la Seine, Ingénieur-Conseil de la *Société Française d'Électricité A. E. G.*, 72, rue d'Amsterdam, à Paris.
- Herrmann** (Maximiliano), Industriel, Constructeur d'appareils électriques, 6, Calçada do Lavra, à Lisbonne (Portugal).



- Hertault de Beaufort** (Jean de), Collaborateur de *M. Georges Claude* pour les tubes lumineux, 120, boulevard Exelmans, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Hervé** (Pierre-Edouard-Charles), Ingénieur à l'*Est Électrique*, à Mohon (Ardennes).
- Herzen** (Hugo), Ingénieur, Chef des Services électriques à la *Compagnie des Mines de Marles*, rue de l'Hôpital, à Auchel (Pas-de-Calais).
- Heugues** (Robert-Paul-Joseph), Ingénieur de la *Compagnie d'Électricité Ouest-Lumière*, 5, rue Brochant, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Heyland** (Alexandre), Ingénieur, 96, rue de Stassart, à Bruxelles (Belgique).
- Hiberty** (Alfred), Inspecteur du Matériel et de la Traction du *Chemin de fer d'Orléans*, avenue du Petit-Luxembourg, à Bourg-la-Reine (Seine). M. P.
- Hillairet** (A.), Ingénieur-Constructeur, 22, rue Vicq-d'Azir, à Paris, 10<sup>e</sup>. M. P.
- Himmelsbach frères**, *Établissements d'imprégnation de bois*, à Fribourg en Brisgau (Grand-Duché de Bade).
- Hissink** (Jack), Ingénieur en chef à la *Bergmann Elektricitäts Werke Actien Gesellschaft*, Hansa-Ufer, 8, à Berlin N. W. (Allemagne).
- Hoffmann** (François-Félicien), Inspecteur des Service d'Éclairage aux *Chemins de fer du Nord*, rue Saudour prolongée, à Valenciennes (Nord).
- Holzschuch** (Jacques), Ingénieur E. C. P., Ingénieur électricien, Inspecteur des Services techniques au *Chemin de fer du Nord*, 31, rue Octave-Fouillet, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Horn** (Émile), 30, avenue de Villiers, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Houzé** (Henri), Ingénieur électricien des Services électriques de la *Compagnie des Mines de Courrières*, 17, route Nationale, à Billy-Montigny (Pas-de-Calais).
- Huard** (Marcel), Ingénieur électricien, 105, rue de Bayeux, à Caen (Calvados).
- Huber** (Michel), Ingénieur civil, ancien Élève de l'*École Polytechnique*, et de l'*École supérieure d'Électricité*, 16, rue Cardinal-Lemoine, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Hubert** (Jean-Louis), 49, avenue Victor-Hugo, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Hubou** (Louis-Robert), 10, avenue Didier, à Gagny (Seine-et-Oise).
- Hugoniot** (Charles-Émile), Ex-Ingénieur en chef du *Chemin de fer Métropolitain de Paris*, Ingénieur-Conseil, 9, rue Ernest-André, Le Vésinet (Seine-et-Oise).
- Hugues** (Louis-Auguste), Ingénieur, 29, rue du Vieil-Abreuvoir, à Roubaix (Nord).
- Huguet** (Alphonse-Charles-Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, ancien Président de Section au *Tribunal de Commerce de la Seine*, Constructeur, 22, rue Vicq-d'Azir, à Paris, 10<sup>e</sup>.
- Hulin** (Léon-Paul), Ingénieur-Conseil, *Électrochimie*, 6, rue Félix-Poulat, à Grenoble (Isère).
- Humblot** (Joseph-Marcel-Marie), Ingénieur des Arts et Manufactures, Inspecteur du matériel aux *Chemins de fer de l'Est*, 3, quai de l'Esplanade, à Mézières (Ardennes).
- Hunter** (Rudolph-Melville), Consulting Engineer and Electrical Expert, 1011, Chesnut street, à Philadelphie, Pa (U. S. A.). M. F.
- Hurmuzescu** (Dragomir), Professeur à l'*Université de Bucarest*, 16, rue Cosma, à Bucarest (Roumanie).
- Hyde** (Edward-Pechin), Director *Nela Research Laboratory National Lamp Works of General Electric Co*, 1899 E 84<sup>th</sup> Street, à Cleveland Ohio (U. S. A.).

**Iglésis** (Sébastien-Sauveur), Ingénieur-Constructeur, *Maison Iglésis et Regner*, 8, rue Descombes, à Paris, 17°.

**Ilovici** (Avram-David), Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Expert près la Cour d'appel et le Tribunal de Commerce, Chef des Services techniques de la *Compagnie française des Perles électriques Weissmann*, 118, rue Lecourbe, à Paris, 15°.

**Institut électrotechnique** de Grenoble, à Grenoble (Isère).

**Institut d'Électrotechnique et de Mécanique appliquée** de la Faculté des Sciences de Nancy, 2, rue de la Citadelle, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).

**Institut de Physique et d'Électrotechnique** de l'École Supérieure de Delft, à Delft (Pays-Bas).

**Isambert** (Alphonse-Prosper), Chef d'usine à la *Compagnie parisienne de l'air comprimé*, 132, quai Jemmapes, à Paris, 10°.

**Issoire** (Alfred), Ingénieur, Directeur des *Ateliers Maystre*, 21, rue de Colombes, à Puteaux (Seine).

**Istel** (André), 21, avenue Marceau, à Paris, 16°.

**Ithier** (Émile-René-Charles), Ingénieur E. S. E. à Épinay-sur-Orge (Seine-et-Oise).

**Jackson** (Dugald-C.), Professor of *Electrical engineering Massachusetts Institut of Technology*, Consulting Engineers, 248, Boylston Street, à Boston, Mass. (U. S. A.).

**Jacquin** (Charles), Ingénieur électricien, ferroviaire et frigoriste, Expert près le Tribunal civil de la Seine, 107, rue Lemer cier, à Paris, 17°.

**Jacquin** (Louis-Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur en chef adjoint des services de la canalisation à la *Cie Parisienne de distribution d'Électricité*, Expert près le Tribunal civil de la Seine, 127, rue de la Tour, à Paris, 16°.

**Jamin** (Jules-André-Auguste), Licencié-ès-Sciences, Ingénieur (E. S. E.) à la Société *l'Éclairage électrique*, 82, boulevard des Batignolles, à Paris, 17°.

**Janculescu** (Constant), Ingénieur à la *Cie française Thomson-Houston*, 4 bis, rue du Cherche-Midi, à Paris, 6°.

**Janet** (Paul), Docteur ès sciences, Professeur à l'*Université de Paris*, Directeur du *Laboratoire central* et de l'*École supérieure d'Électricité*, 8, rue du Four, à Paris, 6°. M. P.

**Janin** (Étienne), Inspecteur à la *Compagnie des Chemins de fer de l'État*, 10, rue des Marais, à Versailles (Seine-et-Oise).

**Jannettaz** (Paul), Ingénieur-Expert près les Tribunaux, 68, rue Claude-Bernard, à Paris, 5°.

**Janny** (Marcel-Émile-Eugène), Ingénieur E. S. E., 20, Grande-Rue, à Nogent-en-Bassigny (Haute-Marne).

**Janvier** (Alphonse-Joseph), 28, rue de l'Alma, à Rennes (Ille-et-Vilaine).

**Janvier** (Georges), Chef des services commerciaux des *Stations centrales à la Compagnie générale d'Électricité*, 94, rue de Colombes, à Asnières (Seine).

**Japy de Beaucourt** (Henry), Ingénieur des Arts et Manufactures, Inspecteur de l'*Enseignement technique du Haut-Rhin*, 99, rue de Courcelles, à Paris, 17°.

**Japy frères et Cie**, à Beaucourt (Haut-Rhin français). M. P.

**Jarre** (Léon-Henri), Ingénieur électricien de la *Société Jarre et Cie, Administrateur de la Société Anonyme de force et lumière électriques*, 43, boulevard Haussmann, à Paris, 9°.

- Jarriant** (Joseph), Fabricant de fils et câbles pour l'Électricité, 233, rue Croix-Nivert, à Paris, 15°.
- Jaubert** (Jean-François-Pierre), Administrateur délégué de la *Société de Montage et d'Installations électriques*, 14, rue Belgrand, à Paris, 20°. M. P.
- Jaula** (Gabriel), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur-Directeur du Service électrique de la *Compagnie des Mines de Béthune*, à Bully-les-Mines (Pas-de-Calais).
- Jaulin** (Julien), Ingénieur électricien à la *Compagnie pour la fabrication des Compteurs et Matériel d'usines à gaz*, 1, boulevard, du Temple à Paris, 3°.
- Javal** (Jean-Félix), Ingénieur électricien, Député, Membre du *Conseil général de l'Yonne*, 6, rue de la Muette, à Paris, 16°. M. P.
- Javaux** (Émile), Président du Conseil et Administrateur-Délégué de la *Société Gramme*, 130, boulevard Pereire, à Paris, 17°. M. P.
- Jeance** (Maurice-Jules), Lieutenant de vaisseau, 3, rue Picot, à Paris, 16°.
- Jean-Joseph** (Auguste), 22, rue Davioud, à Paris, 16°.
- Jeanson** (Jacques-Henri-François), Ingénieur aux *Ateliers Carpentier*, 26, avenue des Gobelins, à Paris, 5°.
- Jégou** (Paul-François-Louis-Marie), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Études de Télégraphie sans fil, 83, rue Saint-Nicolas, à Sablé (Sarthe).
- Jelenkovski** (Jules), Ingénieur, 41, rue Dvorianskaya, à Saratow (Russie).
- Jenny** (Ferdinand), Ingénieur, Directeur des *Services de l'éclairage et de la distribution de l'énergie de la ville de Grenoble*, 28, rue du Polygone, à Grenoble (Isère).
- Jénot** (Célestin), Ingénieur, Chef du Service des Machines à vapeur et du Service électrique aux *Usines Métallurgiques*, à Neuves-Maisons (Meurthe-et-Moselle).
- Jéraméc** (Henri), Ingénieur électricien à la *Compagnie des Forges de Châtillon-Commentry et Neuves-Maisons*, Chef du Service électrique des *Usines de Montluçon*, 6, rue Lakanal, à Montluçon (Allier).
- Jigouzo** (Paul), Ingénieur civil des Mines, 22, rue Eugène-Millon, à Paris, 15°.
- Jijié** (Adam), Capitaine, Ingénieur concessionnaire de l'*Éclairage électrique de la Ville de Soulina*, à Soulina (Roumanie).
- Johann** (C. N. P.), Ingénieur (E. S. E.), 19, rue de l'Alma, à Courbevoie (Seine).
- Jolivet** (André-Marcel), Ingénieur A. M., E. S. E., 2, boulevard Garibaldi, à Paris, 15°.
- Joly** (Georges-Louis), 72, rue de la République, à Meudon (Seine-et-Oise).
- Joly** (Henri-Louis), A. M. I. E. E., A. M. amér. I. E. E.; A. et M., Ingénieur en chef *Electromobile C<sup>o</sup> Ltd.*, 4, Gledbe place, Londres S. W. (Angleterre.)
- Joly** (Louis-Eugène), Ingénieur aux *Ateliers Carpentier*, Secrétaire général de la *Société internationale des Électriciens*, 103, boulevard du Montparnasse, à Paris, 14°.
- Joly** (Paul-Albert-Charles-Adrien), Ingénieur E. S. E., Ingénieur à la *Société anonyme Westinghouse*, 24, rue Gustave-Cazavan, au Havre (Seine-Inférieure).
- Jordery** (C.), à Chamiroy-Bourgneuf, Val d'Or (Saône-et-Loire). M. F.
- Josse** (Hippolyte), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur-conseil en matière de brevets d'invention, 17, boulevard de la Madeleine, à Paris, 1<sup>er</sup>.
- Jouaust** (Raymond-Albert), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Chef de travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 18, rue Dutot, à Paris, 15°. M. P.
- Joubert** (Arigle), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur, Directeur de

- la *Compagnie Lorraine d'Électricité*, 64, faubourg Stanislas, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Jouen** (René-Stanislas), Enseigne de vaisseau du sous-marin *Commandant-Oursin*, à La Pallice (Charente-Inférieure).
- Jouët** (Georges), 64, rue Pierre-Charron, à Paris, 8°. M. F.
- Jouffret** (Henri), Ingénieur à la *Compagnie générale française et continentale d'Éclairage*, 18, rue de Bruxelles, à Paris, 9°.
- Jouglà** (Jean), 95, boulevard Beaumarchais, à Paris, 3°.
- Jourdana** (Joseph), Ingénieur diplômé E. S. E., 6, rue des Écoles, à Saint-Cloud, (Seine-et-Oise).
- Journée** (Marcel), *Constructions et installations électriques*, 89, rue de Flandre, à Paris, 19°.
- Jouvenel** (Albert), Ingénieur aux *Ateliers Thomson-Houston*, rue Sadi-Carnot, à Lesquin (Nord).
- Jouvion** (Marie-Henri), Licencié ès sciences, Ingénieur diplômé de l'*École Supérieure d'Électricité*, Ingénieur-Conseil, 47, rue de Rome, à Paris, 8°.
- Joyer** (Gaston-Ernest), Ingénieur civil des Mines, Inspecteur de la traction à la *Compagnie des Chemins de fer de l'Est*, 147, boulevard Montparnasse, à Paris, 14°. M. P.
- Jumau** (Lucien-Jules), Ingénieur électricien, Ingénieur de la *Société pour le travail électrique des métaux*, 1, place Constantin-Pecqueur, à Paris, 18°.
- Jung** (Amédée-Alexis), Ing. électricien (E.S.E.), 106, avenue de Versailles, à Paris, 16°.
- Juppont** (Pierre), Ingénieur-Conseil électricien, 55, allées Lafayette, à Toulouse (Haute-Garonne). M. F.
- Keller** (Albert), Administrateur délégué de la *Société des Établissements Keller et Leleux pour les alliages électro-thermiques*, Directeur de la *Compagnie Électro-thermique Keller-Leleux et Cie*, Le Livet (Isère).
- Kelly** (John-F.), Ingénieur-Conseil électricien, 284, West. Housatonic Street, à Pittsfield (U. S. A.)
- Kempe** (H.-R.), Engineer in chief's Office, General Post Office, London E. C. (Angleterre). M. F.
- Kesseldorfer** (Wilhelm), Ingénieur, 39, Montgelasstrasse, à Munich (Bavière).
- Kienast** (Hans), Ingénieur électricien diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 24, rue Sainte-Croix-de-la-Bretonnerie, à Paris, 4°.
- Kissel** (Edmond-Florent-Alphonse), 17, avenue de Bellevue, au Parc Saint-Maur (Seine).
- Klein** (Eugène-Xavier), Sous-Inspecteur au Service du matériel fixe de la *Compagnie des Chemins de fer de l'Est*, 2, rue du Cail, à Paris, 10°.
- Koch** (Charles-Maximilien), Directeur de la *Société française d'Électricité* A. E. G., 64, avenue Malakoff, à Paris, 16°.
- Korda** (Désiré), Ingénieur, Administrateur de la *Société boulonnaise d'éclairage et de force par l'Électricité*, 115, rue de Courcelles, à Paris, 17°.
- Kowalski** (Joseph de), Professeur de Physique à l'*Université de Fribourg*, à Fribourg (Suisse)
- Kraft** (Victor), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, en retraite, 53, avenue des Ternes, à Paris, 17°. M. P.

**Krakowski** (Léon), Chef du Bureau d'installations électriques « Elektrotechnik », 42, rue Nowogradzka à Varsovie (Russie).

**Krebs** (le Commandant), 19, avenue d'Ivry, à Paris, 13<sup>e</sup>.

**Krieger** (Louis), Ingénieur électricien, 3, rue Ampère, à Paris, 17<sup>e</sup>.

**Krizik** (Franz), Ingénieur électricien, ancien Élève de l'École Polytechnique slave de Prague, à Prague (Autriche).

**Küntziger** (Jean), Ingénieur, Assistant à l'Institut électrotechnique Montefiore, 33, rue Saint-Gilles, à Liège (Belgique).

**Kupper** (Albert), Ingénieur E.C.P., E.S.E., Chef d'Exploitation de l'Énergie électrique du Sud-Ouest, 116, Cours d'Aquitaine, à Bordeaux (Gironde).

**La Baume Pluvieux** (Comte Aymar de), 26 bis, avenue Raphaël, à Paris, 16<sup>e</sup>. M. F. M. P.

**Labèque** (Eugène-Jean), Ingénieur, Directeur des Anciens Établissements Parvillée frères et C<sup>ie</sup>, à Cramoisy (Oise).

**Laboratoire d'Électrotechnique de l'Institut polytechnique de Saint-Petersbourg**, à Saint-Petersbourg (Russie).

**La Boulaye** (de), Directeur en retraite de la Caisse nationale d'épargne, 240, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris, 8<sup>e</sup>. M. F.

**Labour** (Édouard), Ingénieur conseil, 1, avenue Victor-Hugo, à Boulogne-sur-Seine (Seine).

**Labour** (H.), Appareils de sécurité et signaux électriques pour chemins de fer, Directeur de la Société des Applications de l'Électricité à la Traction, 16, rue Chauveau-Lagarde, à Paris, 8<sup>e</sup>.

**Laboureur** (Maurice-Jean-François-Marie), ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur diplômé de l'École Supérieure d'Électricité, Administrateur du Bureau Central de Consultations techniques, 7, rue Valentin-Haüy, à Paris, 15<sup>e</sup>.

**Labouer** (Edouard), Administrateur délégué de la Compagnie générale électrique du Sud-Ouest, Ingénieur électricien, Licencié ès sciences, 106, rue de l'École-Normale, à Bordeaux (Gironde).

**Labrouste** (Pierre), 15, rue Clément, à Bordeaux (Gironde).

**Lacabe Plasteig** (Paul-Ali), 9, rue l'Abbé de l'Épée, à Paris, 5<sup>e</sup>.

**La Casta y Espana** (Joachim), Ingeniero, Director de la Sociedad Valenciana de Electricidad, Pizarro A Pral, à Valencia (Espagne).

**Lacauchie** (Lucien), Ingénieur civil, Chef du Laboratoire de la Compagnie générale des Omnibus, 18, rue Brochant, à Paris, 17<sup>e</sup>.

**Lacaze** (Henri), Administrateur délégué de la Compagnie anonyme continentale des compteurs, 9, rue Pétreille, à Paris, 9<sup>e</sup>.

**Lachaize** (René), Licencié es Sciences, Ingénieur E. S. E., 66, boulevard de la Gare, à Paris, 13<sup>e</sup>.

**La Chapelle** (Gabriel de), 5, rue Marcel-Renault, à Paris, 16<sup>e</sup>.

**Lacombe** (Édouard), Ingénieur au Service des Installations, Ateliers C. Ollivier et C<sup>ie</sup>, Villa de la Tourelle à Brégille, près Besançon (Doubs).

**Lacoste** (H.-E.-E.), Ingénieur en chef de la Marine, Chef de la Section des Ateliers du port de Brest, 1, rue de Traverse, à Brest (Finistère).

**Lacrampe** (Pierre-Émile), Soldat à la 1<sup>re</sup> Batterie du 57<sup>e</sup> d'Artillerie, à Toulouse (Haute-Garonne).

- Lacretelle** (Gaston), Administrateur délégué de la *Société de Force et Lumière électriques*, 9, rue de Rocroy, à Paris, 10<sup>e</sup>.
- Lacroix** (Paul) *Administrateur délégué de la Compagnie Universelle d'Acétylène et d'Électro-Chimie*, 36, rue de Chateaudun, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Lafargue** (Pierre-Louis-Jean), Licencié ès Sciences, Ingénieur de la direction de la *Société d'Électricité de Paris*, 195, avenue de Neuilly, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Lafontaine** (Lambert), Ingénieur à la *Société Parisienne pour l'Industrie des Chemins de fer et des Tramways électriques*, 42, avenue Niel, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Lagabbe** (Charles-Edmond de), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la *Manufacture de Plombières*, à Plombières-les-Bains (Vosges).
- Lagarde** (Casimir), Ingénieur, à Meslay-du-Maine (Mayenne).
- Lagarrigue** (Jean de), 7, Jardin Royal, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Lagarrigue** (Jean-Joseph), 3, rue Penavayre, à Rodez (Aveyron).
- Lainé** (Maurice), 1, quai des Fourneaux, à Melun (Seine-et-Marne).
- Lalande** (Félix de), Ingénieur civil, 183, boulevard Saint-Germain, à Paris, 7<sup>e</sup>.  
M. F.
- Lalande** (Henri), Ingénieur en chef du *Service Commercial de la Maison Bréguet*, 34, rue de Chateaudun, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Lalanne** (Louis-Marius), 128, rue Lecourbe, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Laloy** (Jean-Yves), ancien Officier de Marine, Ingénieur diplômé E. S. E., Ingénieur de la *Compagnie des Signaux électriques pour Chemins de fer*, 15, rue Brochant, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Lambert** (Camillo-Roger), Ingén. électricien au *Secteur électrique*, à Casablanca (Maroc).
- Lancelot** (François), Directeur de la succursale de la *Compagnie Internationale d'Électricité*, 141, rue Lafayette, à Paris, 10<sup>e</sup>.
- Landegren** (Henri-Marie), 65, rue du Casino, à Dinard (Ille-et-Villaine).
- Landis et Gyr**, Fabricant d'appareils électriques, à Zoug (Suisse).  
M. P.
- Landrin** (Paul), Ingénieur, 20, boulevard de Courcelles, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Landry** (Jacques-Marie-Pierre), Ingénieur diplômé de l'*École Supérieure d'Électricité*, 72, rue du Cherche-Midi, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Landry** (Jean), Ingénieur diplômé de l'*E. P. de Zurich*, Professeur d'Électricité industrielle à l'*Université de Lausanne*, à Lausanne (Suisse).
- Lange** (André), 62, avenue Wagram, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Langevin** (Paul), Professeur suppléant au *Collège de France*, Professeur à l'*École de Physique et de Chimie*, 11, rue de la Pitié, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Langlade** (Joseph), Directeur de la *Compagnie d'Électricité de l'Ouest-Lumière*, 3, quai National, à Puteaux (Seine).
- Langlois** (Jean), Industriel, *La Glacière*, à Rives-sur-Fure (Isère).
- Langot** (Wulfran-Joseph), Ingénieur civil des Constructions navales, Ingénieur électricien (E. S. E.), Inspecteur à la *Compagnie parisienne de distribution d'Électricité*, 48, rue de l'Abbé-Groult, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Langumier** (Paul-Émile), Peloton des élèves officiers de réserve, 113<sup>e</sup> régiment d'Infanterie, à Blois (Loir-et-Cher).
- Lapiné** (Michel), Ingénieur, 11, rue Roli, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Laporte** (Frédéric-Claude-Marie), Ingénieur civil des Mines, ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Sous-Directeur du *Laboratoire central d'Électricité*, 2, rue Saint-Simon, à Paris, 7<sup>e</sup>.

**Laporte** (Georges), ancien Elève de l'Ecole Polytechnique, Directeur de la *Société Énergie électrique du Littoral méditerranéen*, 38 bis, grand chemin de Toulon, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

**Larbitray** (Louis), Ingénieur électricien, 44, rue Notre-Dame-de-Lorette, à Paris, 9<sup>e</sup>.

**Lardy** (Auguste), Ingénieur, E. C. P., 1, rue des Fausses-Braies, à Moulins (Allier).

M. F.

**Larminat** (Gaston-Marie-Xavier de), Licencié ès-Sciences, Ingénieur E. S. E., Sapeur radiotélégraphiste, Mont-Valérien, à Suresnes (Seine).

**Larnaudé** (André), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur-Directeur de la *Compagnie française pour la fabrication des lampes électriques à incandescence*, 31, rue Camille-Desmoulins, à Issy-les-Moulineaux (Seine).

**Larré** (Jean-Louis-Ephrem), Ingénieur E. S. E., Sapeur télégraphiste au 8<sup>e</sup> Génie, à Escondeaux par Rabastens-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées).

**Larrousse** (Émile-Auguste-Joseph), Enseigne de vaisseau de 1<sup>re</sup> classe, 149, avenue de Suffren, à Paris, 15<sup>e</sup>.

**Lasserre** (Paul-Gilbert-Marie), Ingénieur à la *Canalisation électrique*, 17, rue de la Pitié, à Paris, 5<sup>e</sup>.

**Latour** (Joseph), Chef du Service électrique aux *Acéries de Longwy*, à Herserange, près de Longwy (Meurthe-et-Moselle).

**Latour** (Marius), Ingénieur-Conseil de la *General Electric Co, Schenectady (U. S. A.)*, 22, rue de Tocqueville, à Paris, 17<sup>e</sup>.

**Laucagne** (Alexandre), Licencié ès Sciences, Ingénieur E. S. E., à Pouilly-sous-Charlieu (Loire).

**Laudet** (Georges), 8, rue Fessart, à Paris, 19<sup>e</sup>.

**Laurain** (Henri), Directeur des *Services techniques de la Société du Gaz de Paris*, 5, rue Lallier, à Paris, 9<sup>e</sup>.

**Laurent** (Pierre-Jules), Ingénieur diplômé E. S. E., E. P. E. I., Stagiaire à la *Société de l'Énergie Électrique du Littoral méditerranéen*, villa Lo Cottage-Rimiez, à Nice (Alpes-Maritimes).

**Lauriol** (Pierre), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef des *Services d'Éclairage de la Ville de Paris*, 19, avenue Émile-Deschanel, à Paris, 7<sup>e</sup>.

**Lauthier** (Edmond-Julien), Ingénieur électricien (E. S. E.), Directeur de la *Cie des Eaux et d'Électricité de l'Indo-Chine*, à Saïgon (Tonkin).

**Lautré** (Jean-Roger), Licencié ès sciences, Ingénieur E. S. E., 10, rue Bayard, à Toulouse (Haute-Garonne).

**Lavet** (Marius), 16, rue Dulac, à Paris, 15<sup>e</sup>.

**Léauté** (André), Docteur ès-sciences, Répétiteur de Physique à l'*École Polytechnique*, 20, boulevard de Courcelles, à Paris, 17<sup>e</sup>.

**Léauté** (Henri), Membre de l'Institut, Administrateur délégué de la *Société industrielle des Téléphones*, 25, rue du Quatre-Septembre, à Paris, 2<sup>e</sup>.

**Lebaupin** (Gustave-Léon), Ingénieur électricien, Chef du *Laboratoire d'Électricité des Chemins de fer de l'État*, 221, quai d'Issy, à Issy-les-Moulineaux (Seine).

**Le Bigot** (Jean), Ingénieur aux *Hauts-Fourneaux de la Cie des Forges de Châtillon-Commentry*, 29, rue Nationale, à Pont-Saint-Vincent (Meurthe-et-Moselle).

**Leblanc** (Maurice), Ingénieur-Conseil de la *Société anonyme Westinghouse*, Le Valsur-Seine, à Croissy (Seine-et-Oise).

M. F.

- Leblanc** (Maurice-Auguste-Eugène), ancien Élève de l'*École Normale Supérieure*, Agrégé de l'*Université*, Directeur de l'*Usine de la Westinghouse Cooper Hewitt Co Ltd*, 4, avenue Augier à Croissy-sur-Seine (Seine-et-Oise).
- Le Bosuf** (Pierre), Chef de travaux à l'*École Supérieure d'Électricité*, 14, rue de Staël, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Lebon** (René-Camillo-Fernand), Ingénieur, 339, boulevard Saint-Denis, à Courbovoie (Seine).
- Lebovici** (Jacques), Ingénieur-Conseil (Applications électriques : *Mines, Métallurgie, Industrie*), 35, rue Jouffroy, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Lebrun** (Marcel-Alfred), Ingénieur électricien, Chef de Service aux *Ateliers de Constructions Électriques du Nord et de l'Est*, rue de Binche, à Jeumont (Nord).
- Lebrun** (Pierre), Ingénieur diplômé E. S. E., Directeur des *Usines Veuve Cottray et Fils*, 55, rue de Flandre, à Paris, 19<sup>e</sup>.
- Lecat** (Eugène), Ingénieur électricien à la *Société alsacienne de Constructions mécaniques*, 12, rue du Coq, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Lecerf** (Félix-Achille), Ingénieur des Arts et Manufactures, 47 bis, rue Boileau, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Le Chatelier**, Ingénieur des Mines, 73, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Lecclanché** (Maurice), Constructeur électricien, 114, boulevard Malesherbes, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Lecler** (H.-M.-P.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, à Châtellerault (Vienne). M. P.
- Leclerc** (Félix), à Vineuil (Oise).
- Le Clerc** (G.-R.-M.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Société de Force et Lumière électriques*, 86, avenue des Ternes, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Lecocq** (Fernand), Ingénieur A. M. et E. S. E., Ingénieur de la *Société générale agricole*, 118, rue d'Assas, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Lecocq** (Georges-Théophile), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*. Sous-Inspecteur du Matériel roulant de la *Compagnie des Chemins de fer de l'Est*, 123, rue de la Tour, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Lecocq** (Lucien), 3, impasse Gambetta, à Tergnier (Aisne).
- Lecoindre** (André-Eugène-Jean), 147, rue Jean-Cécille, à Sotteville-les-Rouen (Seine-Inférieure).
- Lecomte** (Albert-Louis), 55, boulevard de Ménilmontant, à Paris, 20<sup>e</sup>.
- Lecour** (Pierre), Ingénieur E. S. E., Ingénieur à l'*Énergie Électrique de la Basse-Loire*, 23, rue Villos-Martin, à Saint-Nazaire (Loire-Inférieure).
- Ledeuil** (Lucien-Émile-Marius), Ingénieur, Attaché à la *Direction Générale Électricité et Gaz du Nord*, 75, boulevard Haussmann, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Ledieu** (Charles-Victor), Conducteur de travaux de la *Compagnie Générale de Travaux d'Éclairage et de Force*, 3, rue Emile-Gilbert, à Paris, 12<sup>e</sup>.
- Ledoux** (Robert-Charles-Paul), 250 bis, boulevard Saint-Germain, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Leduc** (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, *Installations électro-mécaniques*, à Arreau (Haute-Pyrénées).
- Lefèvre** (Émile), Ingénieur à la *Compagnie électrique du Secteur de la rive gauche de Paris*, 163, rue de Paris, à Clamart (Seine).
- Lefèvre** (Gustave), Ingénieur aux *Établissements Grammont*, à Pont-de-Chéruy (Isère).
- Lefèvre** (Jean-Paul), Licencié ès-sciences, Ingénieur diplômé de l'*École Supérieure*



*d'Électricité*, Sous-Lieutenant de réserve au 1<sup>er</sup> groupe aéronautique, à Verdun (Meuse).

**Lefrançois** (Fernand), Capitaine du Génie, attaché à l'*Établissement central du matériel de guerre*, 1, villa du Pont de Grenelle, à Paris, 15<sup>e</sup>.

**Le Gallou** (Yves-Marie), Mécanicien principal de la Marine, 8, rue Edme-Guillout, à Paris, 15<sup>e</sup>.

**Legendre** (Louis-André), Ingénieur constructeur de la *Maison Legendre frères*, 37, rue Saint-Fargeau, à Paris, 20<sup>e</sup>.

**Legeron** (Gaëtan-François), 35, rue de la Croix-Nivert, à Paris, 15<sup>e</sup>.

**Le Goff** (Charles-Eugène), Ingénieur, Chef du service électrique de la *Société Minière et Métallurgique de Penarroya*, province de Cordoue (Espagne).

**Legouëx** (Raynald), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Administrateur de la *Société Parisienne pour l'Industrie des chemins de fer et tramways électriques*, Administrateur des *Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est*, 25, rue Molitor à Paris, 16<sup>e</sup>.

**Legoupil** (Paul), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur à la *Compagnie de signaux électriques pour Chemins de fer*, 28, rue Etex, à Paris, 18<sup>e</sup>.

**Legrand** (Emmanuel), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Docteur ès Sciences physiques, Ingénieur au Service technique du *Crédit Lyonnais*, 62, boulevard Malesherbes, à Paris, 8<sup>e</sup>.

**Lehman-Bing** (Jacques), Ingénieur, 45, rue Saint-Sébastien, à Paris, 11<sup>e</sup>.

**Le Las** (Maurice), Administrateur délégué de la Société anonyme « *Téléphones Le Las* », 42, boulevard d'Asnières, à Neuilly-sur-Seine (Seine).

**Lelong** (Robert), Ingénieur en chef du Génie maritime, 2, rue Dumont-d'Urville, à Toulon (Var).

**Lemaire** (Charles-Albert), Soldat au 12<sup>e</sup> d'artillerie, à Sauley-sur-Meurthe (Vosges).

**Lemaitre** (Marcel-Charles-Eugène), Ingénieur E. S. E., Ingénieur à la *Société des Automobiles Delahaye* (Bureau Russe), 29, rue des Italiens, à St-Petersbourg (Russie).

**Le Maréchal** (E.), à Saint-Servan (Ille-et-Vilaine). M. F.

**Lembké** (Henry), *Spécialité d'isolants pour l'électricité*, 24, rue Albouy, à Paris, 10<sup>e</sup>.

**Léo** (François-Henri-Auguste), Inspecteur de l'*Exploitation du Nord*, 6, rue Rochambeau, à Paris, 9<sup>e</sup>.

**Lepot** (Georges-Jean-Armand), Ingénieur E. S. E., E. B., 99, rue Mademoiselle, à Paris, 15<sup>e</sup>.

**Lequeux** (Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, 64, rue Gay-Lussac, à Paris, 5<sup>e</sup>. M. F.

**Lernould** (Philibert), à Famars-les-Valenciennes (Nord). M. P.

**Leroy** (Gustave-Jacques-Henri), Ingénieur à la *Société centrale d'Entreprises Armand, D. Rivière et Cie*, 5, rue de Toul, à Saint-Denis (Seine).

**Leroy** (Maurice), ancien Officier de Marine, Ingénieur, Représentant de la *Compagnie française Thomson-Houston*, 6, rue de Chantilly, à Paris, 9<sup>e</sup>.

**Lesage** (Robert), 113, avenue de Villiers, à Paris, 17<sup>e</sup>.

**Le Souhaitier** (René-Hector-Jules), Ingénieur électricien, Professeur à l'*École nationale professionnelle*, à Nantes (Loire-Inférieure).

**Lestrade** (Georges-Paul), Ingénieur des constructions civiles, Licencié en droit, Inspecteur des Services électriques des *Chemins de fer de ceinture*, 105, avenue du Roule, à Neuilly (Seine).

- Letourneur** (André-Yves-Édouard), Lieutenant de vaisseau, 8, rue Auvray, à Cherbourg (Manche).
- Lévêque** (Georges-Philique-Constant), Ingénieur E. S. E., Soldat à la 15<sup>e</sup> Section de C. O. A., à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Lévy** (Michel-Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur-Propriétaire des *Établissements M. Lejeune*, 1, impasse du Moulin-Joly, à Paris, 11<sup>e</sup>.
- Leyendecker** (Léon-Pierre-Auguste), Inspecteur du *Service électrique de la voie aux Chemins de fer de l'État*, 109, avenue de Paris, Le Mans (Sarthe).
- Lezard** (Pierre-Albert), Ingénieur, 12, rue Margueritte, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- L'Hermitte** (Jacques-Jules-Eugène), Ingénieur E. S. E., *Société d'Électricité de Caen*: *Secteur de Bayeux*, 62, rue Saint-Malo, à Bayeux (Calvados).
- Liaigre** (Charles-Fernand), Ingénieur à la *Société nouvelle de l'Accumulateur Fulmen*, 82, rue du Château, à Asnières (Seine).
- Lichtig** (Arnold), 11, Splaiul Bolintineanu, à Bucarest (Roumanie).
- Liénard** (Alfred-Marie), Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'*École des Mines*, 16, rue Stanislas, à Paris, 6<sup>e</sup>. M. P.
- Ligneau** (Henri), Enseigne de vaisseau, 59, rue des Ormes, à Cherbourg (Manche).
- Lilamand** (Paul-Jean), Sergent télégraphiste, 21, rue de la République, à Antibes (Alpes-Maritimes).
- Limb** (Claudius), Docteur ès Sciences, Ingénieur-Conseil électricien, 11, quai de la Bibliothèque, à Lyon (Rhône).
- Limousin** (Charles-Georges), Directeur de la *Société des Forces motrices d'Auvergne*, 14, avenue de la Gare, à Thiers (Puy-de-Dôme).
- Lindé** (Isidore), Ingénieur électricien, Gérant du *bureau technique*, Tchistié Proudy, à Moscou (Russie).
- Liouville** (L. - A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, a été Ingénieur à la *Maison Hillard-Huguet* et aux *Établissements Decauville*, Ingénieur-Conseil, Administrateur-délégué des *Établissements Gallois et Genteur*, à Saint-Germain, par Corbeil (Seine-et-Oise).
- Lippmann** (G.), Membre de l'Institut, Professeur à la *Faculté des Sciences*, 10, rue de l'Éperon, à Paris, 6<sup>e</sup>. M. F.
- Litschgi** (Charles), Ingénieur de la *Société Nationale de l'Office de Savigliano*, 3, via Sforzesca, à Turin (Italie).
- Locherer** (Jacques-Joseph-Auguste), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 45, rue Ampère, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Locquin** (André), Ingénieur E. S. E., Ingénieur en Chef des *Constructions Électriques Patay*, 5, boulevard de Brotteaux, à Lyon (Rhône).
- Lodyguine** (Alexandre de), Ingénieur électricien honoraire de l'*Institut électrotechnique Alexandre III*, Chef des *Stations de transformation des Chemins de fer électriques de la Ville de Saint-Petersbourg*, 4, Iverskaïa, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Loppé** (François), Ingénieur des Arts et Manufactures, 240, rue de Vaugirard, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Lorain**, Ingénieur des Télégraphes, 30, avenue Félix-Faure à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Loreau** (A.), Ingénieur et Conseiller général du Loiret, aux Roches, par Briare (Loiret).
- Lorfeuvre** (Maurice), Ingénieur, 11, rue Blanche, à Paris, 9<sup>e</sup>.

- Lorin** (Charles-Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, Maître de Conférences à l'*École Centrale*, 46, rue de Londres, à Paris, 8°.
- Loth** (Henri-Jules), Ingénieur A. M., E. S. E., 16, rue de Tours, à Vierzon (Cher).
- Louis** (Charles-Paul), Capitaine d'Artillerie, 22, rue Léon-Buquet, au Havre (Seine-Inférieure).
- Louis** (Charles-Raoul-Joseph), Ingénieur électrométallurgiste, 2, rue Lamartine, à Tarbes (Hautes-Pyrénées).
- Lourme**, Directeur général des Postes et des Télégraphes de l'Indo-Chine, en retraite, à Sainte-Foy-la-Grande (Gironde). M. F.
- Louvet** (Henri-Albert), Ingénieur électricien à la *Société d'Éclairage et de Force*, 52, rue Custine, à Paris, 18°.
- Louvrier** (Francis), Ingénieur-Conseil, Apartado, 1984, à Mexico (D. F.) (Mexique).
- Lucas** (Félix), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 30, rue Boissière, à Paris, 16°. M. F.
- Lynch** (Arthur), Ingénieur civil, Docteur en médecine, 80, Antrim Mansions Haverstock Hill, à Londres N. W. (Angleterre).
- Lyon** (Gustave-Frantz), Directeur gérant de la *Société Pleyel, Wolff, Lyon et Cie*, 22, rue Rochecouart, à Paris, 9°.
- Lyon** (Max), Ingénieur, 83, avenue du Bois-de-Boulogne, à Paris, 16°. M. F.
- Lyra da Silva** (Heitor), Ingénieur du *Chemin de fer central du Brésil*, Professeur à l'*École des Beaux-Arts*, 863, rua Aqueducto, à Rio-de-Janeiro (Brésil).
- Macaire** (Georges-Edmond), Ingénieur en Chef de l'*Aluminothermie*, 44, rue Blanche, à Paris, 9°.
- Machelard** (Paul-Maurice-André), Ingénieur-Conseil, Directeur de l'*Office Poly-Industriel*, 25, rue du Général-Foy, à Paris, 8°.
- Macquet** (A.), Ingénieur au Corps des Mines, Professeur de Physique et d'Électricité, Directeur de l'*École des Mines et Faculté polytechnique du Hainaut*, 40, boulevard Dolez, à Mons (Belgique).
- Madariaga** (José-Maria), Professeur d'Électrotechnique à l'*École des Ingénieurs des Mines de Madrid*, Membre de l'*Académie royale des Sciences de Madrid*, 18, rue Zurbano, à Madrid (Espagne).
- Magron** (Henri-Charles), Ingénieur, Directeur des Usines de la *Société Boro-Carbone*, à Fos (Haute-Garonne).
- Magunna** (H.-C.), Lauréat de l'Académie des Sciences, Ingénieur en chef de la *Société des Télégraphes Multiplex, Mercadier-Magunna*, Expert près le Tribunal de 1<sup>re</sup> instance, 139, rue de Sèvres, à Paris, 6°.
- Mahoudeau** (Jacques), Licencié ès Sciences, Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur à la *Compagnie de Fives-Lille*, 84, boulevard Saint-Michel, à Paris, 6°.
- Mahul** (Jules-Marie-Pierre), 2, rue Crebillon, à Paris, 6°.
- Maillat** (Gustave), Ingénieur électricien à la *Compagnie Lorraine d'Électricité*, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Mailloux** (C.-O.), Ingénieur électricien-Conseil, 90, West Street, à New-York (U. S. A.).
- Mailly** (Paul-Marc), Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, à Villafranca in Lunigiana (Italie).

- Mainguenaud** (Pierre-Jean-Claude), Capitaine d'Artillerie au *Ministère de la Guerre*, 3<sup>e</sup> Division, 2<sup>e</sup> Bureau, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Maisonneuve** (Similien-François), Ingénieur des Arts et Manufactures, Vice-Consul de Bolivie, 4, place Lafayette, à Nantes (Loire-Inférieure). M. F. M. P.
- Maiuri** (Guy), Ingénieur-Conseil, 1, via Canova, à Milan (Italie).
- Malandrin** (Jacques-Henri-Joseph), Ingénieur au *Bureau technique de l'Électricité, office d'Ingénieurs-conseils*, 96, rue La Fontaine, à Paris, 16<sup>e</sup>. M. P.
- Malassis de la Cussonnière** (René-Marie), Château de la Remblière, à Cuissai, par Alençon (Orne).
- Malaterre** (Henri), Ingénieur électricien E. S. E., Les Cammazes (Tarn).
- Malaussène** (Albert, **Alziari de**), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de l'*Usine à Gaz* et de la *Station d'Électricité*, à Dieppe (Seine-Inférieure).
- Malbet** (Louis-Julien-Eugène), Stagiaire à la *Compagnie Thomson-Houston, usine de Neuilly-Plaisance*, 52, avenue Ledru-Rollin, à Paris, 12<sup>e</sup>.
- Malcailloz** (Louis-Joseph-Jean-Baptiste), Sapeur télégraphiste à la Compagnie radio-télégraphique du 8<sup>e</sup> Génie, au Mont-Valérien, à Suresnes (Seine).
- Mambret** (Georges), Ingénieur des Télégraphes, Constructeur d'*instruments de précision*, 25, rue de la Montagne-Sainte-Geneviève, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Manaut** (Georges-André-G.), Ingénieur électricien, 9, rue Mogador, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Mandin** (Alexis-Jean-Louis), Ancien élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur à la *Société d'Énergie électrique du Littoral méditerranéen*, 14, route de Turin, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Manescau** (Louis), Ingénieur de l'*Énergie électrique du Littoral méditerranéen*, 3, rue Martigny, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Mans** (Paul de), 26, boulevard de Lesseps, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Maquaire** (F.-V.), Ingénieur-Conseil, *Applications générales de la Mécanique et de l'Électricité, Instruments de précision*, 101, rue de Vaugirard, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Marcandier** (Marcel-Louis-Alexandre), Ingénieur E. S. E., à la *Compagnie générale d'Électricité de Creil*, 32, rue de Boulainvilliers, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Marchona** (de), Sous-Directeur de la *Compagnie française Thomson-Houston*, Administrateur des Sociétés *Énergie électrique du Littoral méditerranéen* et *Énergie électrique du Sud-Ouest*, 160, boulevard Malesherbes, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Marec** (Eugène), Directeur de la *Compagnie d'Électricité de Meaux*, 34, avenue de la République, à Meaux (Seine-et-Oise).
- Maréchal** (Charles), Ingénieur, Directeur des Services électriques à la *Compagnie du gaz de Lyon*, 12, place Carnot, à Lyon (Rhône).
- Maréchal** (Charles-Louis), Directeur de la *Compagnie du Tramway de Grenoble à Champareillan*, rue Farconnet (Île Verte), à Grenoble (Isère).
- Maréchal** (Henri), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 272, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Marget** (Edmond-Marie-Adolphe), Ingénieur d'Artillerie navale, Service technique de l'Artillerie navale, Professeur à l'*École supérieure de Marine*, 11, Boulevard Morland, à Paris, 4<sup>e</sup>. M. P.
- Mariage** (Jules), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du *Service de l'Eclairage Public du Comité de l'Union des Secteurs Parisiens*, 30, rue Pécelet, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Mariage** (Léon-André), Directeur général de la *Compagnie générale des Omnibus*, 53 ter, quai des Grands-Augustins, à Paris, 6<sup>e</sup>.

- Marie** (Georges), Ingénieur à la *Compagnie générale de radiotélégraphie*, 23, rue Poussin, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Marks** (Louis-B.), Ingénieur-Conseil, 103, Park Avenue, à New-York City (États-Unis).
- Marquant** (Robert), Ingénieur *The Conquista Xicao Gold Mines Limited*, Campanha Rede Sul Mineira (Brésil).
- Marsalès** (Paul-Jean), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur E. S. E., Gérant de la *Société Jean Marsalès et C<sup>ie</sup>*, à Brive (Corrèze).
- Marshall** (Nusserwauji-Maneckshaw), Electric Light et Power Contractor et Engineer, Esplanade Road, à Bombay (Indes).
- Martel** (Casimir), Ingénieur électricien, à Auboué (Meurthe-et-Moselle).
- Martin** (Charles), Ingénieur A. M., E. S. E., 92, boulevard Garibaldi, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Martin** (Jean-Louis-Pierre-Gabriel), Ingénieur électricien, 12, avenue Laumière, à Paris, 19<sup>e</sup>.
- Martin** (Michel-Jules), Ingénieur stagiaire à la *Société Gramme*, 1, rue Bougainville, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Martin de Latour** (Gaston-Charles-Marie), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur du Service électrique de la *Compagnie centrale d'Éclairage par le gaz*, au Caire (Égypte).
- Martineau** (Alcide), Ingénieur A. M., E. S. E., 4, rue Brown-Séguard, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Marting** (Émile-P.-L.), Ingénieur, Chef de service de la *Compagnie française des phosphates de l'Océanie*, Établissements français de l'Océanie, via San-Francisco et Papeete, à Makatea (Ile de Tahiti).
- Martinroche** (Antonin), Licencié ès Sciences, Ingénieur E. S. E., 21, rue du Pont-Naturel, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- Martin-Saxton** (Charles-Hippolyte-Alexis), Chef de laboratoire à la *Compagnie Lorraine d'Électricité*, 48, rue du Cardinal-Mathieu, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Martiny** (Joseph-Albert), Directeur des services extérieurs de la *Société des Bains de Mer de Monaco*, à Monaco (Principauté de Monaco).
- Mascart** (Charles), Ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées, 40, boulevard de Courcelles, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Mascart** (Léon-François), Administrateur délégué de la *Société des établissements Henry Lepaute*, 55, rue de Lille, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Masnou** (Maurice), Ingénieur E. S. E., Licencié ès Sciences, Élève des Officiers de réserve du Génie, caserne des Coches, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Masó Escubós** (Enrique), Ingénieur électricien, Plaza Triangular à Figueras (Espagne).
- Masset** (Jacques), Ingénieur Électricien, diplômé de l'*Ecole pratique d'Electricité Industrielle* et de l'*Ecole Supérieure d'Electricité*, 36, rue de Dunkerque, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Massey** (William-Henry), M. Inst. C. E., Ingénieur à la Cour de Sa Majesté Britannique, Twyford R. S. O. Berks (Angleterre). M. F. M. P.
- Masson** (Émile-Pierre), Ingénieur à l'*Est-Lumière*, 22, rue Perdonnet, à Paris, 10<sup>e</sup>.
- Masson** (Léon-Noël), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur en congé hors cadre au *Conservatoire national des Arts et Métiers*, Expert près les *Tribunaux de la Seine*, 22, rue Alphonse-de-Neuville, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Mathieu** (Camille-Nicolas), Licencié ès Sciences, Ingénieur électricien (E. S. E.), Ingénieur à la *Société industrielle d'énergie électrique*, 2 bis, rue Descombes à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Mathieu** (Émile-Léopold), Directeur d'usines à gaz, à Menin (Belgique).

- Mathieu** (Paul-Hyacinthe), Ingénieur électricien E. S. E., Maître de Conférences à l'*École des hautes études scientifiques*, Professeur de Physique spéciale, villa les Lilas, rue François Gaillard, à Viroflay (Seine-et-Oise).
- Mathon** (Jean-Pierre-Philippe), à Guérins (Ain).
- Matty** (Louis-Ferdinand), de la *Maison Pinson et Matty*, Ingénieur-Conseil, 4<sup>a</sup>, Calle de San Agustin, 110, à Mexico (D. F.) (Mexique).
- Mauduit** (Alexandre-Maurice-Julien), Professeur d'Électrotechnique à la *Faculté des Sciences de Nancy*, 25, place de la Carrière, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Maugas** (Gabriel-Émile-Marie), Ingénieur en chef de la Marine, 6, avenue Vauban, à Toulon (Var).
- Maunoury**, Avocat à la Cour d'appel, 67, rue La Boétie, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- May** (Charles), 25, rue Dunois, à Paris, 13<sup>e</sup>.
- Mayer** (Charles-Daniel), Ingénieur à la *Société Industrielle des Téléphones*, 19, boulevard de Courcelles, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Mayer** (Nathan-H.-Paul), Ingénieur électricien, 8 bis, rue de Lisbonne, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Mazen** (Antoine-Natalis), Ingénieur en chef des *Chemins de fer de l'État*, 22, rue des Martyrs, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Medan** (Pascal-Léon), Sapeur au 8<sup>e</sup> Génie, Compagnie radiotélégraphique, Mont-Valérien, à Suresnes (Seine).
- Mehmed-Emin** (Ben-Ali), Ingénieur en chef des Télégraphes, Président du *Comité Technique au Ministère des Postes, des Télégraphes et des Téléphones ottomans*, à Constantinople (Turquie).
- Meirelles da Silva** (Lino), Ingénieur, 8, rua da Graca, à Bahia (Brésil). M. P.
- Melchior** (Maurice-Charles-Paul), Directeur des *British Fibrocement Works*, à Erith (Kent) (Angleterre).
- Mendiola** (Francisco de), Ingénieur électricien et Conseil, Apardo Correo, 338, à San José (Costa Rica).
- Meneau** (Louis), 82, avenue Wagram, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Menges** (C.-L.-R.-E.), Villa Mar, à Scheveningue (Hollande). M. F.
- Ménier** (Gaston), Sénateur (Secrétariat), 56, rue de Châteaudun, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Ménin** (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la *Société Artésienne de Force et Lumière*, 7, rue Frédéric-Degeorge, à Arras (Pas-de-Calais).
- Menuau** (Ch.-L.-M.), Chef d'escadron à l'Inspection permanente de fabrication de l'Artillerie, 72, rue Vaneau, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Mercier** (Ernest-Frédéric), Ingénieur de la Marine, 80, boulevard Eugène-Pelletan, à Toulon (Var).
- Mercier** (R.-M.-A.), Ingénieur électricien 1, rue des Grands-Degrés à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Mercier de Sainte-Croix** (Pierre-Charles), Ingénieur chez *MM. Lavie et C<sup>ie</sup>*, à Constantine (Algérie), *Station centrale d'électricité de Constantine*, 1, rue Rohault-de-Fleury, à Constantine (Algérie).
- Mershon** (Ralph. D.), Ingénieur-Conseil, Électricien, 80, Maiden Lane, à New-York City (V. S. A.).
- Mertz** (F.), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur électricien I. E. G., 2, rue Fantin-Latour, à Grenoble (Isère).
- Mestre** (Eugène), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur du contrôle des *Tramways* et du *Métropolitain de la Ville de Paris*, 114, boulevard Raspail, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Meunier** (Gustave-Antoine), Ingénieur électricien, Directeur de la *Compagnie électrique de la Loire et du Centre*, rue du Pont-Ringuet, à Montluçon (Allier).

- Meunier** (Paul-Marie), Ingénieur à la *Société des grands travaux de Marseille*, 147, boulevard du Montparnasse, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Meunier** (Paul-Pierre), Chef du Service des lignes à la *Compagnie d'Électricité de la vallée du Rhône*, boulevard du Midi, Le Teil (Ardèche).
- Mével** (Pierre), Ingénieur au *Secteur de la Rive gauche de Paris*, 35, boulevard Lefèvre, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Meyer** (Ferdinand), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur de la *Compagnie continentale Edison*, 28, rue de Châteaudun, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Meyer** (Georges), Directeur à la *Compagnie générale d'Électricité*, 4, boulevard de Courcelles, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Meyer** (Marcel), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la *Compagnie générale de Travaux d'éclairage et de force*, 40, rue Blanche, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Meyer** (Paul), Ingénieur à la *Compagnie générale d'Électricité*, 52, rue Eugène-Carrière, à Paris, 18<sup>e</sup>.
- Meyer-May** (Albert), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Directeur des constructions électriques à la *Société industrielle des Téléphones*, 18, av. Niel, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Meynier** (Albert-Joseph-Robert), Ingénieur-Conseil, Professeur d'Électrotechnique à l'*Institut industriel du Nord*, 5, avenue Monceau, à Lille-Saint-Maurice (Nord).
- Micaud** (Georges), Docteur en Droit, Ingénieur-Directeur de la *Compagnie électrique du Nord*, 9, rue des Wetz, à Douai (Nord).
- Michard** (Adrien-Gilbert), Ingénieur, A. M. et E. S. E., à la *Compagnie des Chemins de fer de l'Est*, Dépôt des Machines, à Noisy-le-Sec (Seine).
- Michaux** (Camillo-Laurent), Sous-Directeur de la *Société de l'accumulateur Tudor*, 26, rue de la Bienfaisance, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Michel** (Auguste-Marie), Administrateur délégué de la *Société d'Électricité Nilmelior*, 10, boulevard Victor-Hugo, à Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise).
- Michel** (Charles-Ferdinand), Directeur de la *Compagnie pour la fabrication des compresseurs et matériels d'Usines à gaz*, 16, boulevard de Vaugirard, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Michel** (Claude-Léon-Julien), ancien Élève de l'*École des Arts et Métiers*, Ingénieur du Service commercial de la *Maison Bréguet*, 68, avenue de Châtillon, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Michel** (Pierre-Léon), Ingénieur A. M., E. S. E., 2, rue de Candie, à Paris, 11<sup>e</sup>.
- Michon** (Bernard), Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé E. S. E., Ingénieur à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 27, avenue Duquesne, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- M. P.
- Michoulier** (Paul), Sapeur à la Compagnie radiotélégraphique, Mont-Valérien, à Suresnes (Seine).
- Midox** (Ch.), Constructeur électricien, 8, rue Gambetta, à Besançon (Doubs).
- Miet** (Maurice), Directeur des *Compagnies réunies Gaz et Electricité*, 27, rua da Boa Vista, à Lisbonne (Portugal).
- Miflier** (Lucien), 60, rue de Paris, à Vanves (Seine).
- Migot** (René), rue Delarivière Lefoullon, à Puteaux (Seine).
- Mildé** (Charles), Constructeur électricien, ancien Président du *Syndicat professionnel des Industries électriques*, 60, rue Desrenaudes, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Mille** (Joseph), Ingénieur, Chef du Service électrique à la *Compagnie Centrale d'Éclairage Lebon et C<sup>ie</sup>*, rue Élisée-Reclus, à Alger, Mustapha (Algérie).
- Millien** (Edmond), Ingénieur, Chef de Travaux à l'*École supérieure d'Électricité*, 14, rue de Staël, à Paris, 15<sup>e</sup>.

- Milon** (Eugène), Directeur de l'exploitation de la *Société de la Tour Eiffel*, 24, rue de Montessuy, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Milon** (H.-C.-C.), Ingénieur des Postes et Télégraphes, 11 bis, rue César-Franck, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Milon** (Jean-Emmanuel-Marie-Cornélius), Ingénieur à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 15, rue Ernest Renan, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Minard** (Julien-Élisée), Ingénieur, Fondé de pouvoirs de la *Maison Rousselle et Tournaire*, 68, rue Lamarck, à Paris, 18<sup>e</sup>.
- Minard** (Paul), Ingénieur I. E. G., Chef adjoint des Services électriques de la *Société des Mines de Lens*, 72, rue de Liévin, à Lens (Pas-de-Calais).
- Minor** (Clark-Haynes), Administrateur délégué de la *Société Le Matériel téléphonique*, 40, avenue Charles Floquet, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Miot** (Paul-Louis-Henri), 13, rue de Poissy, Paris, 5<sup>e</sup>.
- Mitkiewicz** (Édouard-Otton-Marioin), Ingénieur constructeur à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 7, rue Severo, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Moineau fils** (H.), Ingénieur, 24, boulevard des Filles-du-Calvaire, à Paris, 11<sup>e</sup>. M. F.
- Moisset** (Gilbert-Léon-Adolphe), Ingénieur électricien diplômé de l'*Ecole spéciale des Travaux publics et de l'Industrie*, 3, rue Viète, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Molera** (E.-J.), Ingénieur civil et Électricien, 2025, rue de Sacramento, à San Francisco (U. S. A.). M. F. M. P.
- Molinié** (Jean-Alexandre), Ingénieur à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 35, boulevard Pasteur, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Moncé** (Auguste-Jean-Louis), Inspecteur départemental du Travail, 215 bis, boulevard Voltaire, à Paris, 11<sup>e</sup>.
- Mondange** (Alexandre-Frédéric), Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Directeur des *Usines de la Société d'éclairage de Tarare*, à Tarare (Rhône).
- Mongin** (Émile-Paul), 17, boulevard d'Andilly, à Montmorency (Seine-et-Oise).
- Mongnet** (Julien-Fernand), 22, rue de Turin, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Monmerqué** (A.), Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Inspecteur général des Services de contrôle des distributions d'*Énergie électrique*, Secrétaire du *Comité permanent d'Électricité au Ministère des Travaux publics*, 19, rue Decamps, à Paris, 16<sup>e</sup>. M. P.
- Monnier** (D.), Ingénieur, Professeur à l'*École centrale des Arts et Manufactures*, 70, rue Charles Laffite, à Neuilly-sur-Seine (Seine). M. F.
- Montagne** (Marcel), 1, rue Vercingétorix, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Montandon** (Arthur), Ingénieur, Directeur de la *Société d'Électricité de Picardie*, 5, rue aux Pareurs, à Abbeville (Somme).
- Montaron** (Charles-Eugène), Ingénieur A. M. et E. S. E.; attaché au *Crédit Mobilier Français*, 70, rue Saint-Lazare, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Monteils** (Henry), Ingénieur, à Florac (Lozère).
- Montès** (Henri), 1, rue Littré, à Alger (Algérie).
- Monthiers** (Maurice), ex-Chef du *Service de la Section française à l'Exposition universelle de 1889*, 50, rue Ampère, à Paris, 17<sup>e</sup>. M. F.
- Montpellier** (J.), Rédacteur en chef de l'*Électricien*, 130, rue Lecourbe, à Paris, 15<sup>e</sup>.



- Moreau de la Meuse** (J.-D.-A.), Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 10, rue de la Source, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Morel** (C.), Ingénieur-Conseil, 17, petite rue Saint-Maur, à Rouen (Seine-Inférieure).
- Morel** (F.), Chef des Travaux pratiques d'Électricité à l'*École d'Arts et Métiers d'Aix*, à Aix (Bouches-du-Rhône).
- Morel-Fatio** (Léon), Ingénieur des Arts et Manufactures, 4, rond-point de Long-champs, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Moreno** (O.), Administrateur délégué de la *Société nationale des Ateliers de Savigliano*, 23, rue Genova, à Turin (Italie).
- Mors** (Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, 8, rue des Marronniers, à Paris, 16<sup>e</sup>. M. F.
- Mortureux** (Louis), Directeur de la *Compagnie électrique Loue-Lizon*, à Arc-et-Senans (Doubs).
- Mossé** (Edgar), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, représentant de la *Compagnie générale d'Électricité de Creil*, 2, rue Sainte-Anne, à Lille (Nord).
- Motin** (Édouard-Maurice), Licencié ès sciences, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur de la *Maison Bruneteau et C<sup>ie</sup>*, 13, rue d'Alger, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Mottet** (Joseph), Concessionnaire exploitant les *Stations hydro-électriques* de Saint-Martin-Vésubie, de Moulinet et de Borgo San Delmazzo Roccavione (Italie), à Saint-Martin-Vésubie (Alpes-Maritimes).
- Meuchard** (Lucien-Louis-Victor), Directeur de la *Compagnie du Gaz et des Eaux*, à Tunis (Tunisie).
- Moulin** (Marcel-André), Maître de conférences de chronométrie à l'*Université de Besançon*, à Besançon (Doubs). M. P.
- Moulinier** (Gustave), 12, rue du Chemin de fer, à Cannes (Alpes-Maritimes).
- Moulton** (John-Fletcher), Q. C.; F. R. S., 57, Onslow square, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.
- Mouné** (Bertrand), à Bagnères-de-Luchon (Haute-Garonne).
- Mustelier** (François-Joseph), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Directeur de la *Société d'Exploitations minières en Serbie*, à Neresnitza, par Koutchevo (Serbie).
- Mychencov** (Constantin), Sous-Chef du Bureau technique de la direction générale des chemins de fer Moscou-Kazan, 40, Pekrowka, à Moscou (Russie).
- Nathan** (Georges-André), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur-Conseil et Correspondant de *Sociétés Anglaises*, 9, avenue de Cronstadt, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Néel** (Auguste-Jean-Henri), Directeur de la *Société normande de Gaz, d'Électricité et d'Eau*, à Trouville (Calvados).
- Nègre** (Florentin), Ingénieur électricien, Chargé de conférences techniques et Chef des travaux à l'*Institut électrotechnique*, 43, boulevard Carnot, à Lille (Nord).
- Négrié** (Jacques), 13, avenue de l'Observatoire, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Nelson-Uhry** (Emmanuel), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur E. S. E., Directeur de la *Maison F. Thevenot fils* (entreprises générales de Travaux publics), 53 bis, rue de Chateaudun, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Nemenoff** (Onésime), 52, Gfafskaïa, à Ekaterinoslav (Russie).

- Néré** (Georges-Clément-Patrice), Professeur à l'*École Vaucanson*, 4, rue Marcoz, à Chambéry (Savoie)
- Néron de Surgy** (Paul-Charles-Hervé), Ingénieur au bureau de calcul de la *Compagnie générale d'Électricité de Creil*, 117, rue Pelleport, à Paris, 20<sup>e</sup>.
- Nerville** (Ferdinand de), Ingénieur des Télégraphes, 59, rue de Ponthieu, à Paris, 8<sup>e</sup>. M. P.
- Neu** (L.), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur-Conseil, 94, rue du Ranclagh, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Neveux** (Joseph-Marie-Victor), Ingénieur des Arts et Manufactures, 46, rue Vital, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Nibaut** (Pierre-Henri), Ingénieur E. C. P., villa Beauséjour, à Vanves (Seine). M. P.
- Nicol** (Jules-Vincent-Théodore), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur aux *Tréfileries et Laminoirs du Havre*, au Havre (Seine-Inférieure).
- Nicolaïdi** (Constantin), Administrateur délégué de la *Compagnie hellénique d'électricité Thomson-Houston*, Administrateur de la *Compagnie des tramways d'Athènes et du Pirée*, 7, rue Néophyte Vamva, à Athènes (Grèce)
- Nicolas** (Pierre-Louis), Ingénieur, Secrétaire de la Direction à la *Société d'Électricité de Paris*, 4, rue Léon-Vaudoyer, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Nicolini** (Eugène), Ingénieur, Directeur de la *Société d'Électricité de Paris*, 9, rue de Bruxelles, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Niéloud** (Charles-Marie), Ingénieur civil, 76, rue Thomas, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Niethammer** (Friedrich-Georg), Ingénieur électricien, Professeur de la *Technische Hochschule*, à Brünn (Autriche).
- Nimier** (Paul-Édouard-Joseph), Licencié ès Sciences, Ingénieur E. S. E., Ingénieur aux *Ateliers Brillé frères*, 28, boulevard de Villiers, à Levallois-Perret (Seine).
- Nisson** (Alfred), Ingénieur, Directeur de l'Agence de la *Société de l'Accumulateur Tudor de Lyon*, 106, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône).
- Nisson** (Guillaume), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de l'Agence de Paris de la *Maison Jacquet frères*, 31, rue de Mantes, à Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise).
- Nivet** (Louis-Alphonse-Paul), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Lieutenant de vaisseau, Commandant la *Fault*, 1<sup>re</sup> Armée navale, à Toulon (Var).
- Noellet** (Paul-Louis-Henri), Ingénieur électricien, 52, avenue Parmentier, à Paris, 11<sup>e</sup>.
- Normand** (Fidèle-Émile-Florent), Caserne des Pompiers, 12, rue Carpeaux, à Paris, 18<sup>e</sup>.
- Nougner** (L.-A. Mage dit), Ingénieur *École Polytechnique* et *École supérieure d'Électricité*, Chef du Service d'électricité de la *Compagnie d'Éclairage de la Ville de Tours*, 3, rue d'Entraigues, à Tours (Indre-et-Loire).
- Nuchèze** (Henry de), Ingénieur électricien, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Attaché aux *Aciéries électriques Paul Girod*, 4, rue Boudonville, à Nancy (Mourthe-et-Moselle).
- Nugues** (Léon-Auguste-Émile), Ingénieur des Arts et Manufactures, Maître de Conférences d'Électricité à l'*École centrale des Arts et Manufactures*, Les Camélias, rue Émile-Deschamps, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Oboukhoff** (Nicolas), 123, boulevard du Montparnasse, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Odent** (Marie-Albert), Sanitary Department, à Bangkok (Siam). M. P.

- Odier** (Max), Ingénieur électricien à la *Société française d'Électricité A. E. G.*, 7 bis, rue de Monceau, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Ohdatchi** (Gentaro), Mécanicien chef de la Marine japonaise, suiko-sha IV Tesuki-ii, à Tokio (Japon). M. P.
- O'Keenan** (Charles-Édouard), Ingénieur, Chef du Laboratoire électrique de la *Compagnie parisienne de l'Air comprimé*, 112, boulevard Raspail, à Paris, 6<sup>e</sup>. M. F.
- Olivier** (Henri-Paul), Ingénieur E. S. E.; *Établissements Olivier et Tilihet*, 124, rue Saint-Charles, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Ollivier** (Ernest), Ancien élève de l'*École pratique d'Électricité industrielle et de l'École supérieure d'Électricité*, 77, rue Sylvabelle, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Opechowski** (Édouard), Ingénieur à la *Compagnie d'Électricité de Varsovie*, 11, rue Foksal, à Varsovie (Russie).
- Orain** (André), 26, rue des Lices, à Angers (Maine-et-Loire).
- Oraw** (Juhan), Ingénieur de la *Société des Établissements Singrün* pour le Service russe. Domaine Gr.-Judeiki, Pikeli, Gouvernement de Kovno (Russie). M. P.
- Ordinaire** (Jean-Eugène), Ingénieur électricien, 9, rue des Moines, à Paris, 17<sup>e</sup>. M. P.
- Ortiz y Estrada** (Louis), Ingénieur à la *A. E. G. Thomson-Houston Iberica*, 119, rue Clavis, à Barcelone (Espagne).
- Ortmans** (Jean), Ingénieur à la *Société anonyme de Saint-Léonard*, 2, rue du Vieux-Mayeur, à Liège (Belgique).
- Osolin** (Oscar-Gustave), Ingénieur électricien E. S. E., Directeur de la *Station Centrale d'Irkoustk* (Russie).
- Oudot** (René), Ingénieur électricien E. S. E. P., (*Établissements Fracorientaux René Oudot*) entreprises industrielles, électricité mécanique, fournitures générales aux gouvernements orientaux, à Constantinople (Turquie).
- Ourson** (Henri-Marie), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Professeur de Physique à l'*École Nationale des Ponts et Chaussées*, 6, rue Gérard-Millot, à Troyes (Aube).
- Pacault** (Auguste-Jules), de la *Maison Pichon, Pacault*, Ingénieurs-Constructeurs, appareillage électrique industrielle, 15, rue de Bagnolet, à Paris, 20<sup>e</sup>.
- Pailleret** (Jean-Joseph), Ingénieur des Constructions civiles, 21, rue Nationale, à Béziers (Hérault). M. P.
- Palaleologue** (Constantina), Ingénieur Conseil, 19, rue Praxitelès, à Athènes (Grèce).
- Palanchon** (Georges-Jean), Ingénieur (E. C. L.; E. S. E.), sapeur télégraphiste, 37, rue de Bellechasse, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Pallier** (Félix), Ingénieur, 36, rue de Dunkerque, à Paris, 10<sup>e</sup>.
- Pallièrre** (Antoine), Ingénieur des Arts et Manufactures, Expert près le Tribunal du Commerce, Directeur de la *Société de Construction électrique*, 67, rue Molière, à Lyon (Rhône).
- Panine** (Wladimir), Ingénieur électricien, à Rostow-sur-le-Don (Russie).
- Pannellier** (André), Ingénieur à la *Société anonyme Westinghouse*, 54, rue de la Bourse, au Havre (Seine-Inférieure).
- Paquier** (Étienne-Victor-Valentin), Lieut' de vaisseau, 12, rue de Maistre, à Paris, 18<sup>e</sup>.
- Paradis** (Maurice-Julien), Ingénieur à la *Compagnie française Thomson-Houston*, rue Sadi-Carnot, à Lesquin (Nord).

- Paraf** (Jean), Ingénieur principal à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 45, rue de Douai, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Parodi** (Hippolyte), Ingénieur-Chef des Services électriques du matériel et de la traction de la *Compagnie des Chemins de fer d'Orléans*, 141, quai d'Orsay, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Parsons** (Frederic-Jennings), Sous-Directeur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 10, rue de Londres, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Parvillée** (Louis), Ingénieur-Constructeur, 18, rue Tronchet, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Pasquier** (Jean-André-Georges), 54, boulevard Garibaldi, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Paszkowski** (Henri), Ingénieur civil, 8, rue d'Aragon, à Narbonne (Aude).
- Patot** (Henri), Licencié ès Sciences, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Chef d'atelier au *Métropolitain de Paris*, 31, boul. Félix-Faure, à Aubervilliers (Seine).
- Paty de Clam** (E.-M. Michel du), Enseigne de vaisseau, impasse des Chevaux-Légers, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Paulin** (Charles), Ingénieur de la *Maison Bardon*, 77, boul. National, à Clichy (Seine).
- Paulmier** (Abel-Marie-Charles), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Professeur de l'Enseignement technique, chargé du contrôle technique des distributions d'énergie électrique de la Ville et de l'État, 112, rue Beaurepaire, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).
- Paumier** (Georges), Ingénieur électricien, aux *Mines d'Aniche*, boulevard National, à Aniche (Nord).
- Payet** (Pierre-Louis), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité* et de l'*École supérieure d'Aéronautique*, Sergent radiotélégraphiste à bord du dirigeable *Dupuy-de-Lôme*, à Maubeuge (Nord).
- Pech** (Lucien-Denis), Ingénieur-Conseil, 25, rue du Drogmanat, à Péra (Constantinople) (Turquie).
- Pélissot** (Louis), Sous-Officier au 8<sup>e</sup> Génie, Chef de poste de T. S. F., à Bou-Denib (Maroc oriental).
- Pellet** (Joseph-Clément), 21, rue de Bourg-Tibourg, à Paris, 4<sup>e</sup>.
- Penard** (Roger-Antonin-Pascal-Joseph), à Saint-Antonin (Tarn-et-Garonne).
- Perdrizet** (Paul-Emile-Auguste-André), 8 bis, place Philippe-le-Bon, à Lille (Nord).
- Pereire** (Gustave), Administrateur des *Chemins de fer du Nord de l'Espagne*, 35, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Péridier** (Julien), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur à la *Compagnie Générale des Omnibus*, 16, rue Cassette, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Pernier** (Marcel-Albert-Ferréol), Ingénieur E. S. E., à la *Société de Fives-Lille*, 20, rue de Belfort, à Givors (Rhône).
- Pérot** (Alfred), 16, avenue Bugeaud, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Pérouse** (Denis), Inspecteur général des Ponts et Chaussées, en retraite, Président du Conseil d'Administration de la *Maison Bréguet*, 92, avenue des Champs-Élysées, à Paris, 16<sup>e</sup>.  
M. F.
- Péroux** (Étienne), Capitaine d'Infanterie de Marine, en retraite, 11, rue des Canus, à Maisons-Laffitte (Seine-et-Oise).
- Perreau** (François), Professeur de Physique à l'*Université de Besançon*, à Besançon (Doubs).
- Perret** (Joseph), Ingénieur électricien, aux ateliers de *Constructions électriques*, à Jeumont (Nord).

- Perret** (Louis-Prosper), Lieutenant de vaisseau, à bord du croiseur *Marseillaise*, 2<sup>e</sup> escadre légère, à Brest (Finistère).
- Perrin** (André-Georges-Louis), ancien Élève de l'*École polytechnique*, Ingénieur à la *Société l'Éclairage électrique*, Abbaye de la Joye, à Hennebont (Morbihan). M. P.
- Perrin** (Marie-Jacques), Lieutenant d'Artillerie, 11, rue de la Loire, à St-Étienne (Loire).
- Perrin** (Paul), Ingénieur, Directeur de la *Maison Jules Richard*, Conseiller du Commerce extérieur de la France, 52, rue Saint-Louis-en-l'Île, à Paris, 4<sup>e</sup>.
- Perronnet** (Rolland), Assistant au *Laboratoire Central d'Électricité*, 5, rue Mizon, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Pesez** (Lucien), Ingénieur, Directeur de l'*Union Électrique Industrielle*, 5, rue Saint-Augustin, à Lille (Nord).
- Petit** (Amédée-Édouard), Ingénieur agronome, Administrateur-Directeur de la *Société générale agricole*, 44, rue du Louvre, à Paris, 1<sup>er</sup>.
- Petit** (Gaston-Émile), Ingénieur des Télégraphes, en disponibilité, Directeur technique de la *Cie générale de radiotélégraphie* 25, avenue Reille, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Petit** (Georges), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur en chef de la *Compagnie électro-mécanique, Procédés Parsons, Brown-Boveri et Alioth*, 48, rue des Martyrs, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Petit** (Joseph-Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur délégué de l'*Omnium lyonnais de Chemins de fer et Tramways*, 41, rue Saint-Pétersbourg, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Petit** (Laurent), 60, rue Dambasles, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Petitalot** (Louis), Directeur de la *Société anonyme électro-textile*, 53, rue Truffaut, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Petsche** (Albert), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Directeur de la *Société lyonnaise des Eaux et de l'Éclairage*, 73, boulevard Haussmann, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Piaton** (René), Ingénieur des Arts et Manufactures, 49, rue de la Bourse, à Lyon (Rhône).
- Picard** (Joseph-Louis), Lieutenant de vaisseau, commandant le *Ventose*, à Calais (Pas-de-Calais).
- Pichery** (Lucien), Ingénieur, Propriétaire de l'Ardoisière *la Renaissance*, 7, boulevard Daviers, à Angers (Maine-et-Loire).
- Pichon** (Georges), de la *Maison Pichon-Pacault*, Ingénieur-Constructeur, Appareillage électrique industriel, 15, rue de Bagnolet, à Paris, 20<sup>e</sup>.
- Picou** (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 11, rue Margueritte, à Paris, 17<sup>e</sup>. M. F. M. P.
- Pierrot** (Émile), 227 bis, Avenue de Saxe, à Lyon (Rhône).
- Signal** (Georges), 14, rue Lecourbe, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Pignier** (Paul), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 82, rue du Ran-elagh, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Pilleux** (Ludovic), Électricien, villa d'Alésia, n° 5, 111 ter, rue d'Alésia, à Paris, 14<sup>e</sup>. M. F.
- Pillier** (Lyonel-Léon), Ingénieur de la *Maison Chauvin et Arnoux*, 186, rue Championnet, à Paris, 18<sup>e</sup>.
- Pinot** (Étienne), Sous-Ingénieur des *Canalisations électriques de la Compagnie O. T. L.*, 39, rue Condé, à Lyon (Rhône).

- Pinget** (Robert-Charles-Léon), Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, 17, rue de l'Yvette, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Pinson** (Antoine-Philippe), 28, rue du Bourg-Saint-Jean, à Blois (Loir-et-Cher).
- Pinson** (Émile), de la *Maison Pinson et Matty*, Ingénieur-Conseil, casier postal. Apartado, 908, à Mexico (Mexique).
- Pionchon** (Joseph), Chargé de cours de Physique à la *Faculté des Sciences de Dijon*, 16, rue Berlier, à Dijon (Côte-d'Or).
- Piot** (Félix-Paul-Marius), Licencié ès Sciences, Ingénieur-électricien E. S. E., 31, rue Boissy-d'Anglas, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Pirani** (Émile), Docteur ès Sciences, Fondé de pouvoirs de la *Société alsacienne de constructions mécaniques*, 92, avenue Mozart, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Pistoye** (Henri-Sigismond-Alphonse-Louis-Marie de), Ingénieur E. C. P. et E. S. E., Ingénieur en chef des Services électriques de la Société l'*Éclairage électrique*, 9, rue de la Pompe, à Paris, 16<sup>e</sup>. M. P.
- Piteux** (Maurice-Paul-Jules), Ingénieur à la *Société roubaisienne d'Éclairage par le Gaz et l'Électricité*, 104, rue de la Gare, à Roubaix (Nord).
- Planchon** (François-Jean), Ingénieur des Arts et Manufactures, 78, rue La Condamine, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Planchon** (Henri-Joseph), Administrateur-Directeur de la Société anonyme *Le Matériel téléphonique*, 8, rue Carrière-Marlé, à Bourg-la-Reine (Seine).
- Planteau** (Jean-Émile-Alfred), 63, rue Claude-Bernard, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Poggi** (André-Léon), 30, rue Montgallet, à Paris, 12<sup>e</sup>.
- Poincaré** (L.), D<sup>r</sup> ès Sciences, Inspecteur général honoraire de l'Instruction publique, Directeur de l'Enseignement secondaire, 130, rue de Rennes, à Paris, 6<sup>e</sup>. M. P.
- Poirson** (Eugène-Jean-Félix), Ingénieur I. E. G., Professeur à l'*Institut Électrotechnique de Grenoble*, Ingénieur-Conseil à la *Société des Carbures métalliques*, 24, rue Émile-Gueymard, à Grenoble (Isère).
- Poisson** (Maurice-Marie-Louis), 218, boulevard Raspail, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Poitrimol** (Paul), Ingénieur à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 26, rue des Cultures, à Neuilly-Plaisance (Seine-et-Oise).
- Polack** (Raoul), Ingénieur à la *Société d'Éclairage et de Force par l'électricité*, 51, rue des Martyrs, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Polack** (Siméon), Licencié ès Sciences mathématiques et physiques, Ingénieur électricien E. S. E., 6, rue Le Goff, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Poliakoff** (Théodore), 2, rue Eugène-Millon, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Pollak** (Antoine), Directeur technique de la *Société générale de Télégraphie rapide* (*Pollak et Virag*), 7, avenue du Coq, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Pollard** (Jules), Inspecteur général du Génie maritime, 8, rue de Berri, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Pomey** (Jean-Baptiste), Ingénieur des Télégraphes, 120, boulevard Raspail, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Poncharra** (Fernand de), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Ingénieur principal à la *Compagnie française Thomson Houston*, 10, rue Crevaux, à Paris (16<sup>e</sup>).
- Porion** (Rémy), 20, rue Albert-Catoire, à Amiens (Somme).
- Pornin** (Robert), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur en Chef des Services techniques de la Compagnie du *Chemin de fer du Métropolitain de Paris*, 162, boulevard Magenta, à Paris, 10<sup>e</sup>.

**Posa Vilarasau** (Henri), Ingénieur à la *A. E. G. Thomson-Houston Iberica*, Paseo San Juan, 57, 2°, à Barcelone (Espagne).

**Postel-Vinay** (A.), 3, rue de Constantine, à Paris, 7°. M. F.

**Postel Vinay** (Pierre), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur en Chef de la *Compagnie générale de l'Ozone*, 46, Boulevard Latour-Maubourg, à Paris, 7°.

**Poujol** (Lucien), Directeur de la *Compagnie d'Électricité de Marseille*, 61, boulevard Périer, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

**Poulenc** (Camille), Docteur ès Sciences, 92, rue Vieille-du-Temple, à Paris, 4°.

**Pous** (Augustin-Sébastien-Joseph), Chef des Services Électriques à la *Compagnie de Gafsa*, à Maury (Pyrénées-Orientales).

**Poussif** (Georges-Gaston), 103, avenue de la République, à Paris, 11°.

**Pradelle** (Paul-Charles), Ingénieur électricien, 84, rue Michelet, à Alger (Algérie).

**Pravaz** (Henri), Ingénieur électricien diplômé de l'*Institut électrotechnique Montefiore*, Industriel, Associé-gérant des *Anciens Établissements Ch. André et Cie*, 38, Chemin de Saint-Maurice, à Lyon-Montplaisir (Rhône).

**Prève** (Laurent), villa Junel, impasse Saint-Laurent, 22, rue Magnan, à Nice (Alpes-Maritimes). M. F.

**Priestley** (Charles-Marie-Édouard), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Gérant de la *Société Vedovelli, Priestley et Cie*, 160, rue Saint-Charles, à Paris, 15°.

**Privé** (Pierre-Alexandre), Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur à la *Compagnie de Fives-Lille*, 31, avenue de la République, à Paris, 11°.

**Proctor** (C.-Faraday), M. I. E. E., Ingénieur, South Benwell Works, à Newcastle-on-Tyne (Angleterre).

**Quenard** (René-Alexandre), 18, rue Fabre-d'Eglantine, à Paris, 15°.

**Quillâtre** (Henri-Jean), Ingénieur de la *Compagnie française Thomson-Houston*, 10, rue Fourcade, à Paris, 15°.

**Quiroga** (Patricio), Ingénieur électricien E. S. E., 181, rue de Vaugirard, à Paris, 15°.

**Rabaté** (Jean), 16, rue Dulac, à Paris, 15°.

**Racapé** (A.-Louis), Licencié ès Sciences, Mathématiques et Physique générale, Ingénieur électricien, 20, rue de la Montagne-Sainte-Geneviève, à Paris, 5°.

M. P.

**Radiguer** (Charles-Félix-Adolphe), Ingénieur de 1<sup>re</sup> classe du Génie maritime, attaché à la section technique des constructions navales, 5, av. Franco-Russe, à Paris, 7°.

**Ragonot** (Edmond), Directeur de la *Société d'Électricité Vilmelior*, 40, rue Alexandre-Guilmant, à Meudon (Seine-et-Oise).

**Rambeaud** (René), 1, Villa Etex, à Paris, 18°.

**Randier** (Pierre-Antoine), 187, rue du Château-des-Rentiers, à Paris, 13°.

**Raoult** (Jacques-Camille-Victor), Ingénieur de la *Maison Ch. Faul et fils*, Représentants exclusifs en France des *Groupes électrogènes automatiques Lister Bruston de Dursley*, 47, rue Servan, à Paris (11°).

**Rateau** (Auguste-Camille-Edmond), Ingénieur, ancien Professeur à l'*École des Mines de Saint-Etienne* et à l'*École supérieure des Mines*, Président de la *Société d'Exploitation des appareils Rateau*, 10 bis, avenue Élysée-Reclus à Paris, 7°.

**Rau** (Louis), Administrateur de la *Compagnie continentale Edison*, Président du

S.

9

- Conseil d'Administration de la *Société nouvelle des Mines de Rong-Miù*, 7, rue Montchanin, à Paris, 17<sup>e</sup>. M. F.
- Ravut** (Camille-Louis), Ingénieur des Télégraphes en disponibilité, Sous-Directeur de l'*Usine de constructions électriques de la Société industrielle des Téléphones*, 61, avenue de Suffren, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Raymond** (L.), Administrateur honoraire des Postes et des Télégraphes, à Laveyrie, par Hauteville (Corrèze).
- Raymond** (René-Jean), Ingénieur à la *Compagnie parisienne de distribution d'électricité*, 68, rue de l'Aqueduc, à Paris, 10<sup>e</sup>.
- Raynal** (Léon-Jean-Marius), Ingénieur des Télégraphes, 28, rue Ernest-Renan, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Razet** (Jean-Pierre), Ingénieur physicien, *Usine du Radium*, 90 bis, avenue de Bry, au Perreux (Seine).
- Reboul** (Armand-Paul), Ingénieur à la *Compagnie française Thomson Houston*, 73, rue Lemerrier, Paris, 17<sup>e</sup>.
- Rechniewski** (W.-C.), Ingénieur, 1, avenue de l'Alma, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Recklinghausen** (Max de), Ingénieur en chef de la *Cooper Hewitt Electric Co*, New-York, 11, rue du Pont, à Suresnes (Seine).
- Redon** (Louis-Paul-Marie-Joseph), Capitaine du Génie, *Établissement central du Matériel de la Télégraphie militaire*, 72, boulevard du Montparnasse, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Regnauld de Bellescize** (Henri-Jean-Joseph-Marie de), Enseigne de vaisseau, 24, rue Victor-Clappier, à Toulon (Var).
- Rémon** (Olivier), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Société franco-suisse pour l'Industrie électrique*, 39, boulevard Malesherbes, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Renard** (Charles-Eugène-Constant), Ingénieur, attaché au Service électromécanique de la *Société des Hauts-Fourneaux et Fonderie de Pont-à-Mousson*, à Auboué (Meurthe-et-Moselle). M. P.
- Renard** (Lucien), Ingénieur électricien, Successeur de la *Maison d'Électricité J. Thirel*, 26, rue Rochechouart, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Renault** (Sigismond), Ingénieur, 9, rue Campagne-Première, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- René** (Henry), Ingénieur à la *Compagnie pour la fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines à gaz*, 5, rue Albert-de-Lapparent, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Renou** (René), Ingénieur-Conseil de la *Compagnie Est-Lumière*, 11, rue Félix-Maire, à Créteil (Seine).
- Renous** (Jean), Ingénieur des Arts et Manufactures, 9, cours du Chapeau-Rouge, à Bordeaux (Gironde).
- Réol** (Georges-Robert), Ingénieur, à la *Société du Gaz et Eau*, 225, Avenue Dumesnil, à Paris, 12<sup>e</sup>.
- Rességuier** (Joseph de), 14, rue de Bagneux, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Reumaux** (Élie), Directeur général de la *Société des Mines de Lens*, ancien Président de la *Société des Ingénieurs civils de France*, Président de la *Compagnie électrique du Nord*, Président de la *Compagnie de Halage électrique*, à Lens (Pas-de-Calais).
- Reuss** (Paul), Ingénieur principal à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 17 ter, rue Victor-Bart, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Revel** (Alfred), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur Chef de Service à la *Compagnie générale des Omnibus de Paris*, 17, rue de la République, à Saint-Mandé (Seine).



- Revel** (Paul-Désiré-Joseph), Chef du Service électrique à la *Société des Mines de Lens*, 70, rue de Liévin, à Lens (Pas-de-Calais).
- Roy** (Alexandre-Silvain), Ingénieur en chef des Essais de la *Compagnie électromécanique*, 9, Quai aux Fleurs, à Paris, 4°.
- Roy** (Jean-Alexandre), Ingénieur civil des Mines, Gérant de la *Maison Harlé et Cie*, 26, avenue de Suffren, à Paris, 15°.
- Roy** (L.), Ingénieur des Arts et Manufactures, ancien Président du Conseil d'Administration de la *Société des Travaux Dyle et Boulan*, 97, boulevard Exelmans, à Paris, 16°. M. F. M. P.
- Reymond** (Henri-Claude), Ingénieur à la *Energie electricitad de Catalunya*, 104, calle de Lauria, à Barcelone (Espagne).
- Reynaud** (Jacques), Licencié ès Sciences, Ingénieur électricien, E. S. E., Secrétaire de la *Société L'Énergie industrielle*, 55, boulevard du Montparnasse, à Paris, 6°.
- Reynier** (André), Ingénieur électricien, 11, rue de Varize, à Paris, 16°.
- Reyss** (Jean), 49, boulevard Pereire, à Paris, 17°.
- Ribiére** (Charles), Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur du *Service des Phares*, 1, rue Edmond-About, à Paris, 16°. M. P.
- Ricard** (Alfred-Édouard), 68, rue Pierre-Charron, à Paris, 16°.
- Ricard** (Éloi), Ingénieur des Arts et Métiers, Associé des *Distilleries des Deux-Sèvres*, à Melle (Deux-Sèvres).
- Riccia** (Angelo della), Ingénieur-Conseil, Administrateur délégué de la *Société d'Électricité de Paris*, 75, boulevard Haussmann, à Paris, 8°.
- Richard** (André), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 2, place Morand, à Lyon (Rhône).
- Richard** (Félix-Max), Ingénieur civil, Arbitre rapporteur au *Tribunal de Commerce*, Expert auprès du *Tribunal civil*, ancien Président de la *Chambre syndicale de l'Automobile*, 61, rue de Rome, à Paris, 8°.
- Richard** (Jules), Ingénieur-Constructeur, 25, rue Melingue, à Paris, 19°.
- Riounier** (Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur en chef de l'Exploitation à la *Compagnie l'Ouest-Lumière*, 5, avenue de Madrid, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Rieux** (Antonin-Louis), Sous-Directeur du *Service municipal d'Électricité*, 197, rue de Guisnes, à Tourcoing (Nord).
- Rigollot** (Pierre-Claude-Henri), Professeur adjoint à la *Faculté des Sciences de Lyon*, chargé du cours d'électrotechnique générale, Directeur de l'*École Centrale lyonnaise*, 16, rue Chevreul, à Lyon (Rhône).
- Riollé** (Marius), Ingénieur civil, à Romans (Drôme). M. F.
- Rios Cogollos** (José), Ingénieur à la *Société anonyme Siemens Schuckert, Industria Electrica*, Plasa Tetuan, 23, à Valencia (Espagne).
- Risler** (T.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 181, avenue de Saxe, à Lyon (Rhône).
- Robard** (René), Ingénieur, Administrateur délégué de la *Compagnie des Tréfileries et Laminiers du Havre*, 51, rue de Rome, à Paris, 8°.
- Roberjot** (Henri), Chef des travaux d'Électricité à l'*École supérieure des Mines*, 2, rue Parent, à Montgeron (Seine-et-Oise).
- Robert** (Alexandre-Charlemagne), Ingénieur civil (E.C.P.), *Mécanique, Électricité, chauffage*, Ingénieur-Conseil de l'*Institut Pasteur*, du *Jockey-Club*, Les Anémones, 49, rue de Mantes, à Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise).

- Robert** (Charles), Ingénieur des Arts et Métiers et de l'École supérieure d'Électricité, Ingénieur de la *Compagnie de Fives-Lille*, 64, rue Caumartin, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Robert** (Philippe), Maréchal-des-Logis à la Commission des ordinaires du 9<sup>e</sup> Régiment d'Artillerie à pied, 5<sup>e</sup> batterie, à Belfort (Territoire de Belfort).
- Robillard** (Gabriel), Chef de Laboratoire aux *Ateliers Thomson-Houston*, 208, rue de Vaugirard, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Robin** (Félix), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur-conseil, Métallurgiste. Constructeur d'instruments de précision (*A. Collot, C. Longne et Cie*), 7, rue d'Anjou, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Robin** (Maurice), Capitaine d'Artillerie, Atelier de construction de Douai, avenue de Jean de Bologne, à Douai (Nord).
- Robinet** (Léon-Louis), Ingénieur de la *Maison Harlé et Cie*, 68, rue Damrémont, à Paris, 18<sup>e</sup>.
- Rochas** (Jean), Ingénieur des Télégraphes, 1, cours du Midi, à Lyon (Rhône). M. P.
- Rochas** (Victor), Chef d'escadron d'Artillerie, 12, rue de Bonne, à Grenoble (Isère).
- Roche** (Albert-Paul-François), Sous-Directeur de la *Compagnie du Gaz*, à Biarritz (Basses-Pyrénées).
- Roche** (Camille), ancien Ingénieur de la Marine, Directeur de la *Compagnie de Gaz et d'Électricité de Rennes*, 18, boulevard de la Tour-d'Auvergne, à Rennes (Ille-et-Vilaine).
- Roche** (Fernand-Valentin), 28, rue Ledion, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Roche** (Gaston), Électricien, 6 bis, rue de Rouvray, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Roche** (L.-E.), Ingénieur électricien E. S. E., 50, rue de Lille, à Paris.
- Rocheft-Luçay** (Octave de), Directeur technique du Service d'exploitation des brevets Rocheft pour la Télégraphie sans fil et l'Électricité médicale à la *Société Mors*, 39, rue Cortambert, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Roche Grandjean** (Léon), Ingénieur constructeur, 27, boulevard de la Chapelle, à Paris, 10<sup>e</sup>.
- Rodet** (Joseph-Émile), Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Licencié ès Sciences, Ingénieur aux Établissements industriels *Grammont* (lampe fotos), 26, cours Morand, à Lyon (Rhône).
- Rodier** (Pierre), Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Directeur de l'*Usine à gaz et de la Station électrique*, à La Rochelle (Charente-Inférieure).
- Rodocanachi** (Emmanuel), 54, rue de Lisbonne, à Paris, 8<sup>e</sup>. M. F. M. P.
- Roger** (Ernest), Ingénieur-Constructeur, de la *Maison F. Ducretet et E. Roger*, 28, rue Saint-Sulpice, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Rohel** (Émile), 117, avenue Michelet, à Saint-Ouen (Seine).
- Rohrer** (Paul), Attaché à la *Compagnie Continentale des Compteurs*, 35, rue Lamarck, à Paris, 18<sup>e</sup>.
- Rolinski** (Jean), 13, Willenska, à Varsovie (Russie).
- Rolland** (Edmond-Eugène), Ingénieur électricien E. S. E., Ingénieur de la Société l'*Éclairage électrique*, 11, rue Bichat, à Paris, 10<sup>e</sup>.
- Rollin** (Louis), Ingénieur, 119, rue de Lille, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Romeyn** (Hendrik-Adriaan), Ingénieur électricien, 3, Alexanderkade, à Amsterdam (Pays-Bas).

- Rosati** (Joseph-Auguste-Émile), Enseigne de vaisseau, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 5, rue Jeanne d'Arc, à Toulon (Var).
- Rosca** (Eugène), Lieutenant de la *Marine Roumaine*, rue Barlad, à Galatz (Roumanie).
- Rosen** (Jean), Ingénieur-Conseil en matière de propriétés industrielles, 25, rue Pigalle, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Rosenwald** (Gabriel-Benjamin), ancien Élève de l'*École polytechnique*, Ingénieur R. S. E. à la *Société Énergie électrique du Littoral méditerranéen*, 3 bis, quai aux Fleurs, à Paris, 4<sup>e</sup>.
- Rosier** (Marc), Ingénieur, ancien Administrateur-délégué de la *Compagnie d'installations électriques*, Ingénieur à la *Société Centrale d'entreprises*, 90, rue Cambonne, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Rossignol** (Marcel), Ingénieur E. S. E., Ingénieur aux *Établissements industriels de constructions électriques*, 94, avenue Parmentier, à Paris, 11<sup>e</sup>.
- Rothschild** (baron Edmond de), 21, rue Laffitte, à Paris, 9<sup>e</sup>. M. F. M. P.
- Roubaud** (Félix), Ingénieur aux *Ateliers Thomson-Houston*, 2, rue Mouton-Duvernet, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Rouët de Journal** (Ludovic), Chef du Service électrique à la *Compania Rosario à Puerto Belgrano*, à Puerto Militar (République Argentine).
- Rouganne** (Paul), Ingénieur électricien, 20, rue de Verneuil, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Rouma** (Auguste), ancien Ingénieur de la *Maison Leclanché et C<sup>ie</sup>*, 18, rue du Faubourg, à Bruxelles (Belgique).
- Roundo** (Alfred), Ingénieur *des voies de communications*, 68, canal Catherine, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Rouquier** (Emmanuel), Ingénieur E. C. P. et E. S. E., Administrateur délégué de la *Compagnie du Chemin de fer funiculaire de Grasse* et Ingénieur-Conseil de la *Compagnie de Tramways électriques de la côte d'Azur*, 1, boulevard du Jeu-de-Ballon à Grasse (Alpes-Maritimes).
- Rousseau** (Bertrand-Georges), Ingénieur E. S. E., 121, allée de Boutaut, à Bordeaux (Gironde).
- Roussel** (Alfred), ancien Élève de l'*École supérieure d'Électricité*, Inspecteur des Services électriques du *Chemin de fer du Nord*, à Calais (Pas-de-Calais).
- Roussel** (Anatole-Alphonse), Capitaine d'Artillerie, 32, avenue du Polygone, à Vincennes (Seine).
- Roussel** (Charles-Victor-Étienne), Ingénieur-Conseil, *Études et Expertises industrielles*, 7, rue Richempanse à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Roussel** (Maurice-Charles), Ingénieur en chef du Service de la pose des câbles sous-marins à la *Société industrielle des Téléphones*, 10, avenue Pozzo di Borgo, à Saint-Cloud, Montretout (Seine-et-Oise).
- Roussot** (C.-G.), Éditeur de l'*Annuaire de l'Électricité* et d'autres *Annuaire d'adresses*, 114, rue Lafayette, à Paris, 10<sup>e</sup>.
- Routin** (Joseph-Louis), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur en chef du Service de l'Artillerie de la *Maison Bréguet*, Expert près le Tribunal civil de la Seine, 2, rue Olchanski, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Rouvel** (Valentin), Ingénieur principal des Services du jour de la *Société anonyme des Mines de Carmaux*, à Carmaux (Tarn).
- Roux** (Bernard), Ingénieur civil, 72, boulevard Montparnasse, à Paris, 14<sup>e</sup>.

- Roux** (Gaston), Ingénieur-Conseil, Expert près le Tribunal civil, le Tribunal de commerce de la Seine et le Conseil de Préfecture de la Seine, Directeur du *Bureau de contrôle des installations électriques*, 12, rue Hippolyte-Lébas, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Rouyer** (Charles), Chef d'Escadron au 37<sup>e</sup> Régiment d'Artillerie, à Bourges (Cher).
- Rouyer** (Jean), Ingénieur, Chef du service des Montages à la *Société anonyme Westinghouse*, 7, rue de Berlin, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Rouzet** (Pierre), 42, rue Falguière, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Roy** (Georges-Eugène), Chef des *Travaux de Physique à la Faculté des Sciences de Dijon*, 4, rue Pierre Curie, à Dijon (Côte-d'Or).
- Roycourt** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeurs d'appareils d'électricité médicale et instruments de précision, 71, avenue d'Orléans, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Rozbicki** (Édouard), 87, rue Myrha, à Paris, 18<sup>e</sup>.
- Rubigny** (Félix), Ingénieur électricien, ancien Préparateur à l'*Institut électrotechnique de Lille*, Professeur des Sciences appliquées à l'*École primaire supérieure*, 11, rue Carnot, à Luxeuil-les-Bains (Haute-Saône).
- Ruelle** (Adrien-Jules-Victor), Ingénieur civil des Mines, Sous-Inspecteur de l'Exploitation de la *Compagnie du chemin de fer P.-L.-M.*, 20, boulevard Diderot, à Paris, 12<sup>e</sup>.
- Rutz de Lavison** (de), 42, boulevard Maillot, à Neuilly-sur-Seine (Seine). M. P.
- Rushmore** (David-Barker), Chief Engineer, Power and mining Department electric Co., 232, Union Str., à Schenectady, New-York (U. S. A.).
- Russell** (Charles-J.), District Manager of the *Philadelphia Electric Co.*, Tacony, Philadelphia (Penna.) (U. S. A.).
- Rykoff** (Alexis), 10, rue Ernest-Ronan, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Sabatié-Garat** (Pierre), Inspecteur à la *Société du Nord et de l'Est*, à Vauxbuin, près Soissons (Aisne).
- Sabatier** (Lucien), Ingénieur G. M. et E. S. E., Entrepreneur d'installations électriques, 3, rue du Pré Nian, à Nantes (Seine-Inférieure). M. P.
- Sabourain** (J.-A.), Directeur honoraire des Postes et des Télégraphes, Secrétaire du Comité d'administration de la *Société internationale des Électriciens*, 30, rue Bonaparte, à Paris, 6<sup>e</sup>. M. F.
- Sabouret**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction à la *Compagnie du chemin de fer de l'État*, 132, rue de Rennes, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Sacquet** (Edmond), Ingénieur électricien de la *Maison Harlé et Cie*, 39, rue des Vignes, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Sadovski** (Alexandre-Jules de), Ingénieur à la *Compagnie générale d'Electricité de Creil*, 52, rue Victor-Hugo, à Creil (Oise).
- Saget** (Julien-Emmanuel-Marie), Ingénieur à la *Maison Gallot et Cie*, 22, rue de Chartres, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Saglio** (Albert-Victor), Lieutenant de vaisseau, à bord de la *Justice*, 2<sup>e</sup> Escadre, à Toulon (Var).
- Saglio** (Victor), Directeur de la *Compagnie générale électrique de Nancy*, 7, rue Théodore-de-Banville, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Saïd** (Mehmed), Ingénieur électricien E. S. E., 14 bis, Osmanié Djadesci Nichan Tache, à Constantinople (Turquie).

- Saint Blancard de Saint Victor** (Adalbert-Marie-Timoléon-Joseph de), Enseigne de vaisseau de réserve, 24, rue Pigalle, à Paris, 9°.
- Saint-Léger** (Jean-Maurice de), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur délégué de la *Compagnie des Eaux et du Gaz* de Rostoff-sur-Don (Russie), 18, rue Marbeuf, à Paris, 8°.
- Saint-Martin** (Henri), Directeur de la *Société pour l'éclairage des Trains*, 35, rue de la Bienfaisance, à Paris, 8°.
- Sainte Claire Deville** (Charles-Henri-Jean), Ingénieur E. C. P., 14, rue Hoche, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Saivre** (Maurice de), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Secrétaire général de la *Société d'Électricité Alioth*, 14, rue Sédillot, à Paris, 7°.
- Saladin** (E.), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur principal aux *Établissements Schneider et Cie*, 42, rue d'Anjou, à Paris, 8°.
- Salles** (Robert), Ingénieur, Directeur de la *Société pour l'Éclairage électrique des Véhicules*, 1, rue Rabelais, à Paris, 8°.
- Salomon** (André), Ingénieur à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 183 bis, rue du faubourg Poissonnière, à Paris, 9°.
- Salomons** (Sir David), M. A. Broomhill. Tunbridge Wells (Angleterre). M. P.
- Samuel** (Georges), Chef des Services d'atelier, Usine et Architecture, Direction générale des Postes, Télégraphes et Téléphones de Roumanie, à Bucarest (Roumanie).
- Sanarens** (J.-J.), Chef de l'exploitation de la *Société bouloonnaise d'Éclairage et de Force par l'Électricité*, 4, place Frédéric-Sauvage, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).
- Sanchez-Cuervo** (Louis), Ingénieur espagnol des Ponts et Chaussées, Directeur de la *Société ibérique de l'Azote*, 69, Alcalà, à Madrid (Espagne).
- Sandré** (Henri), Lieutenant de vaisseau, *Société métallurgique du Périgord*, à Fumel, (Lot-et-Garonne).
- Sandström** (Robert), Ingénieur de la *Société des Établissements de E.-C. et de A. Grammont*, 10, rue Childebert, à Lyon (Rhône).
- Sannier** (René-Louis), Ingénieur électricien, 3, rue des Jacobins, à Amiens (Somme).
- Santa-Maria** (Richard de), Recteur de la *Faculté de Mathématiques et Génie civil de Bogota* (Colombie), 16, rue Pierre-Charron, à Paris, 16°.
- Sanyas** (Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la *Société hydro-électrique roussillonnaise*, cité Bartissol, à Perpignan (Pyrénées-Orientales).
- Sarazin** (Raoul-Roland), Ingénieur E. S. E., 121, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris, 9°.
- Sarda-Garriga** (Paul-Lucien), Sous-Directeur de la *Société Le Carbone*, à Notre-Dame-de-Briançon (Savoie).
- Sarrat** (F.-J.), Ingénieur en chef de la *Compagnie générale de Railways et d'Électricité*, 16, rue du Congrès, à Bruxelles (Belgique).
- Sarriau** (Jean-René), Ingénieur au *Laboratoire central d'Électricité*, 4, rue Treilhard, à Paris, 8°.
- Sartiaux** (Albert), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Chef de l'Exploitation à la *Compagnie des Chemins de fer du Nord*, 40, boulevard de Courcelles, à Paris, 17°.
- Sartiaux** (Eugène), Ingénieur chef des Services électriques au *Chemin de fer du Nord*, Président de l'*Association amicale des Ingénieurs électriciens*, 48, rue de Dunkerque, à Paris, 9°.

M. F.

- Satre** (Louis), Sapeur télégraphiste au 8<sup>e</sup> génie, 2<sup>e</sup> compagnie, au Mont-Valérien à Suresne (Seine).
- Saudau** (Jacques), 3 bis, rue Coysevox, à Paris, 18<sup>e</sup>.
- Sautarel** (Léon), Ingénieur électricien, 8, rue de l'Oratoire, à Caen (Cavallos).
- Sauvage** (Paul), Secrétaire général de la *Société parisienne pour l'industrie des Chemins de fer et Tramways électriques*, Secrétaire du Conseil d'Administration des *Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est*, et de la *Société Electricité et Gaz du Nord*, 67, rue Miromesnil, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Sauvêtre** (G.), Sapeur au 6<sup>e</sup> Génie, 10<sup>e</sup> Bataillon, 2<sup>e</sup> Compag<sup>ie</sup>, à Angers (Maine-et-Loire).
- Savatier** (Lucien), ancien Chef des Services électriques de la *Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée*, Ingénieur des Arts et Manufactures, Château du Rouet, près le Muy, et Villa Coquette, à Toulon (Var).
- Scheffler** (André), Électricien, villa des Bleuets, rue Cros-de-Capeu, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Schenk** (Ernest-Jean), Sapeur radiographiste, à la 5<sup>e</sup> Compagnie du 24<sup>e</sup> Bataillon, au Mont-Valérien, à Suresnes (Seine).
- Schillès** (Albert), Ingénieur à la *Société fermière de la Voirie de Paris*, 43, rue Traversière, à Asnières (Seine).
- Schlumberger** (Godefroy), Ingénieur-Directeur de la *Société L'Électrique de Montmorency*, 83, rue de Paris, à Montmorency (Seine-et-Oise).
- Schlumberger** (Maurice-Robert), Ingénieur à la *Société industrielle de produits chimiques*, à Cuise-Lamotte (Oise).
- Schmit** (Alphonse), Directeur de la *Compagnie générale d'Électricité de Creil*, 59, rue Saint-Lazare, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Schœn et Charlet**, Ingénieurs-Conseils, 17, rue de la République, à Lyon (Rhône).
- Schombourger** (Lucien-Nicolas-Constantin), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 52, rue de Verneuil, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Schuhler** (Paul-André), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur Directeur de la *Fabrication des Billets de la Banque de France*, 7, rue Berteaux-Dumas, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Schwarberg** (E.-G.), Directeur de la *Compagnie Electro-mécanique*, Le Bourget (Seine).
- Schwarzfeld** (Exil), Licencié ès Sciences, Ingénieur aux *Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est*, à Jeumont (Nord).
- Schwoob** (L.), Ingénieur à l'*Office de Brevets Josse*, 77, boulev. Saint-Michel, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Sciama** (Gaston), Directeur de la *Maison Bréguet*, 19, rue Didot, à Paris, 14<sup>e</sup>. M. F.
- Sebert** (le Général H.), Membre de l'Institut, Président de la *Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée*, 14, rue Brémontier, à Paris, 17<sup>e</sup>. M. F. M. P.
- Section technique de l'Artillerie**, 1, place Saint-Thomas-d'Aquin, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Sée** (Raymond-Pierre-André), Directeur de la *Compagnie d'Électricité Ouest-Lumière*, 2, rue Greuze, Paris, 16<sup>e</sup>.
- Ségonzac** (Comte Raymond de), Ingénieur électricien, château de Sorel, par Orvillers-Sorel (Oise).
- Séguier** (Pierre-Arthur-Joseph de), Ancien élève de l'École Polytechnique, Ingénieur électricien, 12, rue Cortambert, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Séguin** (Léon), Administrateur, Directeur général de la *Compagnie de Gaz et d'Électricité du Mans, de l'Annes et de Vendôme*, au Mans (Sarthe).

- Sehutowicz** (Ladislas-Arthur), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur des services techniques de l'*Omnium lyonnais de chemin de fer et tramways*, 20, rue d'Athènes, à Paris, 9°.
- Seligmann-Lui** (G.-P.), Inspecteur général des Télégraphes, 78, avenue Mozart, à Paris, 16°. M. F. M. P.
- Sellier** (Albert-Eugène), Ingénieur électricien, 53, rue Villez-Martin, à Saint-Nazaire (Loire-Inférieure).
- Sellon** (John, Scudamore), 78, Hatton garden, London E. C. (Angleterre). M. F. M. P.
- Sémichon** (Jules-Jean-Baptiste), Directeur de la *Société industrielle d'Articles d'éclairage*, 66, rue Théophile-Gautier, à Paris, 16°.
- Sergot** (Gaston-Jean), Ingénieur, à la *Maison Hamm et C<sup>ie</sup>*, 20, rue Choron, à Paris, 9°.
- Serrin** (Henri-Georges-Charles), Ingénieur électricien, 13, boul<sup>d</sup> du Temple, à Paris, 3°.
- Serveau** (Charles-Henri), 181, rue de Vaugirard, à Paris, 15°.
- Sery** (Paul-Joseph), Ingénieur de la Marine, 84, rue Asselin, à Cherbourg (Manche).
- Sharp** (Clayton-Hubrey), Test Officer of the Electrical Testing Laboratory, 80<sup>th</sup> Street and East End Avenue, à New-York City (U. S. A.).
- Siegler** (Jean-Paul), Ingénieur au *Corps des Mines*, 73, boulevard Haussmann, à Paris, 8°. M. P.
- Sikorski** (Mieczyslaw), Bureau de poste 8; Czyste Zacibzna 9, à Varsovie (Russie).
- Simon** (Paul), Ingénieur-Conseil, Expert près les Tribunaux, 1, quai de l'Est, à Lyon (Rhône).
- Simondet** (Pierre), 14, rue de Staël, à Paris.
- Simpson** (Geo. Palgrave), B. ès S., M. I. E. E., Board of Trade (exhibition Branch) queen anne's Chambers, Westminster, Londres S.W. (Angleterre). M. F. M. P.
- Sire de Vilar** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Constructeur mécanicien, 316, rue de Vaugirard, à Paris, 15°.
- Sirghi** (Vasile), Professeur à l'*Institut électrotechnique de l'Université de Jassy*, 47, Strada Carol, à Jassy (Roumanie).
- Siry** (Étienne), Administrateur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 31, rue Claude-Vellefaux, à Paris, 10°.
- Skrivanov** (Marcel-Paul-Philippovitch de), Ex-Ingénieur de la *Compagnie générale d'Électricité de Creil*, Constructeur d'aéroplanes, 15, avenue Félix-Faure, à Paris, 15°.
- Smith** (Juan-Tomas), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées de la *République de l'Uruguay*, Palacio Golorons, Plaza Libertad, à Montevideo (République de l'Uruguay).
- Smoular** (Michel-S.), 21, rue de La-Tour-d'Auvergne, à Paris, 9°.
- Société anonyme des établissements Adt**, à Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle).
- Société anonyme des Établissements Maljournal et Bourron**, 128, avenue Thiers, à Lyon (Rhône).
- Société anonyme des Manufactures des glaces et produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey**, 3, place des Saussaies, à Paris, 8°.
- Société des Forces motrices et Usines de l'Arve**, à Chedde, par Le Fayet (Haute-Savoie).
- Société française des Câbles électriques**, 11, chemin du Pré-Gaudry, à Lyon (Rhône).
- Société Œrlikon**, 9, rue Pillet-Will, à Paris, 9°.
- Société l'Éclairage électrique**, 364, rue Lecourbe, à Paris, 15°.

- Société lyonnaise des forces motrices du Rhône**, 37, rue de la République, à Lyon (Rhône).
- Société Minière et Industrielle Gewerkschaft Graf Renard**, à Sosnovice (Russie).
- Société Parisienne pour l'industrie des Chemins de fer et des Tramways électriques**, 75, boulevard Haussmann, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Sockeel**, Ingénieur électricien, attaché à la *Compagnie Française du Centre et du Midi pour l'Éclairage au Gaz*, 73, boulevard Haussmann, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Solvay** (Ernest), Industriel, 45, rue des Champs-Élysées, à Bruxelles (Belgique). M. F.
- Solvay et C<sup>e</sup>**, à Dombasle-sur-Meurthe (Meurthe-et-Moselle). M. F.
- Sorlin** (Félix), Ingénieur à la *Société française des Câbles électriques*, 349, avenue de Saxe, à Lyon (Rhône).
- Sosnowski** (K.), Ingénieur civil, Administrateur-Directeur de la *Société de Laval*, 13, rue Clément-Marot, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Souben** (Gabriel), Ingénieur à la *Compagnie générale d'électricité de Creil*, 7, rue Ferdinand Fabre, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Soucadauch** (René), Ingénieur électricien, *Compagnie générale d'Électricité*, à Albi (Tarn).
- Souchier** (F.), Électricien de la *Société d'Électricité Souchier et C<sup>e</sup>*, 8, rue de Belgique, à Nice (Alpes-Maritimes). M. F.
- Soulat** (Jean), Constructeur électricien, Agent général de la *Société Genévoise pour les Compteurs d'Énergie Électrique*, 25, rue Michel-le-Comte, à Paris, 3<sup>e</sup>.
- Soulé** (D.), Fabricant d'appareillage électrique, à Bagnères-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées).
- Soulier** (Alfred), Rédacteur en chef de l'*Industrie électrique*, Expert près le Tribunal Civil de la Seine, 7, rue de la Gare, à Arcueil (Seine).
- Soumet** (Armand-Pierre), Ingénieur électricien, 17, rue Denfert-Rochereau, à Belfort (Haut-Rhin).
- Soyer** (Albert-Édouard), 12, rue Montrosier, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Stahl** (Boris), 18, rue du Val-de-Grâce, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Stahl** (J.), Ingénieur attaché aux *Établissements Lazare Weiller et C<sup>e</sup>*, à Gravelle-Sainte-Honorine (Seine-Inférieure). M. F.
- Stahl** (Paul-Théodore-Waldemar), Ingénieur de MM. *Schneider et C<sup>e</sup>*, 5, cours Morand, à Lyon (Rhône).
- Stanley** (William), Great, Barrington Mass. (U. S. A.).
- Steinmann** (Henri), Ingénieur conseil, 14, boulevard Godefroy-de-Bouillon, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Sterman** (Adolphe), Ingénieur à l'*Usine Thomson-Houston de Neuilly-sur-Marne*, 53, Avenue Ledru-Rollin, à Paris, 12<sup>e</sup>.
- Sternberg** (Antony-Lucien), Ingénieur E. S. E. à la *Compagnie générale d'Électricité de Creil*, 72, rue Jouffroy, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Stevenin** (Eugène), 15, rue J.-J.-Rousseau, à Denain (Nord).
- Steynis** (Jan), Ingénieur, 30, Pine Street, à New-York (U. S. A.).
- Stichter** (G.-L.-A.), Ingénieur, à la *Maison Richard*, 24, rue de Clichy, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Stieltjes** (Wilhelm-Marie-Émile), 17, Oude Gracht, à Utrecht (Hollande).
- Stone** (W.-H.), Foreign Secretary Department of Communications, à Tokio (Japon). M. F.



- Street** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur délégué de la *Société anonyme Le Carbone*, 3, rue Georges-Berger, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Stroh** (A.), B. A., 98, Haverstock Hill, London, N. (Angleterre). M. F.
- Stugocki** (Adolphe-Paul), Ingénieur, à la *Société anonyme des Appareils économiques d'Électricité*, 1, rue Olchanski, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Sudria** (Joachim), Directeur de l'École préparatoire à l'École supérieure d'Électricité, 26, rue de Staël, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Swyngedauw** (R.-A.), Professeur à la *Faculté des Sciences*, Directeur de l'Institut électrotechnique de Lille, 43, boulevard Carnot, à Lille (Nord).
- Szarvady** (Géza), Ingénieur, Répétiteur des cours d'Électricité à l'École centrale des Arts et Manufactures, 123, avenue Wagram, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Taboury** (Pierre-Alfred), Ingénieur électricien, à Couzeix (Haute-Vienne).
- Tachard** (André-Pierre), Ingénieur civil, Fondé de pouvoirs de la *Société alsacienne de Constructions mécaniques*, 4, rue de Vienne, à Paris, 9<sup>e</sup>.
- Tacquet** (Pierre), 31, avenue Carnot, à Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise).
- Tailleur** (Edmond), Lieutenant de Vaisseau, à bord du *Jules-Ferry*, escadre de la Méditerranée, 11, rue Joseph, à Toulon (Var).
- Tainturier** (Camille), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur principal du *Service électrique des Chemins de fer de l'État*, 81, avenue Niel, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Tamm** (Henri), Ingénieur, directeur des *Ateliers de la Maison Vibert*, 31, rue Planchat, à Paris, 20<sup>e</sup>.
- Tardy de Montravel** (Félix-Joachim), Ingénieur, Directeur de la *Compagnie d'Électricité*, impasse du Jeu de Ballon, à Montpellier (Hérault).
- Tartary** (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur de *Chemins de fer d'intérêt local et de Tramways*, 13, rue Auber, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Tassain** (Eugène), Directeur des *Usines à gaz et électricité de la Société Lyonnaise des Eaux et de l'Éclairage*, 50, boulevard Gambetta, à Troyes (Aube).
- Taubé** (Baron G. de), 28, rue de Chazelles, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Tauber** (Karl-Paul), Ingénieur, Rothbuchstrasse, 32, à Zurich IV (Suisse).
- Tauléra** (Marcel-Louis-Eugène), Licencié ès-Sciences, 60, rue Truffault, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Tavernier** (Charles), 19, rue de la République, à Puteaux (Seine).
- Tchernosvitoff** (Nicolas), Ingénieur électricien, chargé de cours, à l'Institut Polytechnique *Pierre-le-Grand*, Lesnoï, Perspective Deuxième Mourisky, 29-31-14, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Tellier** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ancien Ingénieur principal aux *Mines de fer de Segré*, Ingénieur aux *Établissements Panhar et Levassor*, 44, avenue de la République, à Paris, 11<sup>e</sup>.
- Terquem** (Émile), Libraire-éditeur, 19, rue Scribe, à Paris, 9<sup>e</sup>. M. F.
- Tesla** (Nikola), Ingénieur électricien, *Metropolitan Tower*, à New-York (États-Unis).
- Testavin** (Eugène), Chef de Laboratoire à la *Société française Radio-Électrique*, 11, rue de Saint-Cloud, à Suresnes (Seine).
- Texier-Bernier** (Georges-Marcel), Ingénieur à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 7, rue Nicolas-Charlet, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Thélin** (Johan-L.-P. de), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur électricien E. S. E., 9, rue Péré, à Tarbes (Hautes-Pyrénées).

- Thiébaud** (V.-E.), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, 22, rue de Lisbonne, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Thielemans** (L.-J.-P.-M.), 110, rue de Rennes, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Thiercelin** (Pierre), Directeur de *Le Nouveau Journal du Gaz et de l'Électricité*, Fondateur et Directeur général de la *Compagnie pour l'Éclairage des villes et la fabrication des compteurs*, 23, rue de Cléry, à Paris, 2<sup>e</sup>. M. F.
- Thiéry** (P.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 11, rue Ferrand, à Valenciennes (Nord).
- Thiriet** (Jean-Batiste), de la *Maison Block et Thiriet*, Ingénieurs-Conseils, Importateurs de machinerie, Entrepreneurs de travaux et d'usines, Apartado postal 822 à Mexico D. F., (Mexique).
- Thomann** (Albert), Ingénieur électricien, Evole 13, à Neuchâtel (Suisse).
- Thomas** (Hippolyte), Ingénieur des Télégraphes, 15, rue Valentin-Haüy, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Thomas** (Sébastien), 11, rue du Château, à Asnières (Seine).
- Thomson** (Elihu), Electrician with *general Electric and Thomson Houston Electric Co*, à Swampscott, Mass. (États-Unis).
- Thorne Baker** (Thomas), Consulting Engineer to the galletti Wireless Telegraph and Telephone Company, Consulting Engineer to the Daily Mirror and the Letters Patent Insurance Co, 23, Bouverie Street, E. C., à Londres (Angleterre).
- Thurnauer** (Ernest), Ingénieur, 60, rue Pierre-Charron, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Thury** (R.), Ingénieur Conseil de la *Compagnie de l'Industrie électrique et mécanique*, 25 bis, route de Florissant, à Genève (Suisse). M. H.
- Ticier** (Armand), Directeur de la *Société d'Éclairage électrique de Bordeaux et du Midi*, Administrateur de la *Société Intercommunale d'éclairage et de l'Omnium d'installations électriques*, 58, rue Théophile-Gautier, à Paris, 16<sup>e</sup>.
- Tillot** (Maurice), Ingénieur, 42, rue du Four, à Paris, 6<sup>e</sup>.
- Tirefort** (Camille-Marie-Eugène), Licencié ès Sciences, Ingénieur E. S. E., 163, boulevard du Montparnasse, à Paris, 6<sup>e</sup>. M. P.
- Tison** (Dr Édouard), Docteur ès Sciences naturelles, 38, rue du Luxembourg, à Paris, 6<sup>e</sup>. M. F.
- Tisserand** (Charles-Constant), sapeur au 4<sup>e</sup> génie, 38, faubourg de Montbéliard, à Belfort (Territoire de Belfort).
- Tissier** (Marcel), Matelot-Mécanicien-Dessinateur, à bord du *Provence*, à Lorient (Morbihan).
- Tissot** (Camille), Capitaine de frégate, *Laboratoire Central de la Marine*, 6, rue Charles-Divry, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Tissot** (Edmond), Ingénieur-Conseil, Expert près les Tribunaux, Professeur à la *Société Philomatique, Études et contrôle d'installations électriques*, 11, rue Castéja, à Bordeaux (Gironde).
- Tobler** (Adolphe), Professeur à l'*École Polytechnique suisse*, Lieutenant-Colonel d'Artillerie, Winkelwiese, 4, à Zurich (Suisse).
- Tonnart** (André-Joseph), Directeur des ateliers de la *Société Le Carbone*, 66, boulevard Pereire, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Tosi** (Alexandre), Ingénieur, 9, Via Sommacampagna, à Rome (Italie).
- Touanne** (de la), Ingénieur des Télégraphes, 80, rue Bonaparte, à Paris, 6<sup>e</sup>. M. P.
- Touchard** (Jacques), Ingénieur des Arts et Manufactures, 29, rue Caravan, au Havre (Seine-Inférieure).

- Toulon** (André), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, 106, rue de Rennes, à Paris, 6<sup>e</sup>.  
**Toulon** (Paul-Donat), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 106 *bis*, rue de Rennes, à Paris, 6<sup>e</sup>.  
**Tournaire** (Charles-Émile), Administrateur délégué, Directeur de la *Maison Rousselle et Tournaire*, 52, rue de Dunkerque, à Paris, 9<sup>e</sup>.  
**Trax** (Jean de), Ingénieur, Secrétaire de la Direction de la *Compagnie française des Métaux*, 51, rue Miromesnil, à Paris, 8<sup>e</sup>.  
**Tréfleries et Laminoirs du Havre**, 29, rue de Londres, à Paris, 9<sup>e</sup>.  
**Treichlinger** (Ernest), Ingénieur Civil, 21, Eötvösutca, à Budapest VI (Autriche).  
**Trékoff** (Alexandre), Ingénieur constructeur, ancien chef des Travaux à l'*Institut Electrotechnique de l'Université de Lille*, 198 et 200, rue des Côteaux, à Bruxelles (Belgique).  
**Tresca** (Gustave), Ingénieur civil, Conservateur honoraire des collections du *Conservatoire des Arts et Métiers*, 7, boulevard Saint-Germain, à Paris, 5<sup>e</sup>.  
**Triaux** (Louis-Gaston), Ingénieur E. S. E., 64, rue de la Fontaine, à Paris, 16<sup>e</sup>.  
**Tripier** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, Sous-Directeur des Études à l'*Ecole Centrale des Arts et Manufactures*, 17, rue Alphonse-de-Neuville, à Paris, 16<sup>e</sup>.  
**Trits** (Marcel), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur au Service des Tramways de la *Compagnie Française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston*, 7, rue Coysevox, à Paris, 18<sup>e</sup>.  
**Trouilhet** (F.-L.-A.), Ingénieur, 3, rue Bellecour, à Lyon (Rhône).  
**Trublereau** (Claude), Ingénieur A. M., E. S. E., à Bussières (Loire).  
**Tujague** (Marcel), Ingénieur à l'Office des *Brevets d'invention Josse*, 153, rue de Vaugirard, à Paris, 15<sup>e</sup>.  
**Turbiaux** (Paul), Directeur de l'*Électricité moderne*, 29, allées de Tourny, à Bordeaux (Gironde).  
**Turenne** (Paul), *Maison Barbier, Bénard et Turenne*, 82, rue Curial, à Paris, 19<sup>e</sup>. M. P.  
**Turpain** (Albert), Professeur à la *Faculté des Sciences de l'Université de Poitiers*, 7, rue Théophraste-Renaudot, à Poitiers (Vienne).  
**Turretini** (Théodore), Ingénieur, Président du Conseil administratif de la ville de Genève, Directeur de la *Société genevoise pour la construction d'instruments de Physique*, à Genève (Suisse).  
  
**Urbain** (Georges), Professeur à la Faculté des Sciences, 3, avenue du Lycée Lakanal, à Bourg-la-Reine (Seine).  
  
**Vack** (Gabriel-Maurice), Ingénieur E. S. E., 10, cours Jourdan, à Limoges (Haute-Vienne).  
**Vaeza Ocampo** (Edouard), 27, rue Fourcroy, à Paris, 17<sup>e</sup>.  
**Vagniez** (Bénoni), 14, rue Lemercier, à Amiens (Somme). M. F. M. P.  
**Vaillaux** (Émile-Louis), Ingénieur à la *Société lyonnaise de Mécanique et d'Électricité*, 70, rue de Lourmel, à Paris, 15<sup>e</sup>.  
**Valbrouze** (Robert de), Ingénieur électricien, Administrateur Délégué des *Anciens Établissements Deberghe et Lafaye*, 8, rue Lévis, à Paris, 17<sup>e</sup>. M. P.  
**Valensi** (Georges), Élève ingénieur des Postes et des Télégraphes, 109, rue de Courcelles, à Paris, 17<sup>e</sup>.

- Valensi** (Raoul), Lieutenant de vaisseau, à bord du *Magellan*, rade de Brest, à Brest (Finistère).
- Vallée** (Gabriel-Joseph de), 2, rue Vicat, à Grenoble (Isère).
- Vallée** (Marcel-Jean-Léon), ancien Élève de l'*École polytechnique*, Sous-Directeur du Service des câbles, à la *Société Industrielle des Téléphones*, 6, rue de Berne, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Van Cauvenberghe** (Robert), Ingénieur à la *Compagnie générale de Railways et d'Electricité*, 26, avenue Livingstone, à Bruxelles (Belgique).
- Van Deth** (Henri), Chef du bureau des Études à la *Société industrielle des Téléphones*, 7, quai de Javel, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Vandevelde** (Henri), Ingénieur de l'*Institut industriel du Nord*, Ingénieur à la *Compagnie générale électrique*, 33, rue Oberlin, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Vanherzeeke** (Eugène), Sapeur à la Compagnie Radiotélégraphique du 8<sup>e</sup> Génie, au Mont-Valérien, à Suresnes (Seine).
- Vagner** (Paul-Léon), Ingénieur divisionnaire à la *Société Sud électrique*, Usine Saint-Victor, à Pont-de-Crau, près Arles (Bouches-du-Rhône).
- Varney** (Edouard-Marie-Eugène), 9, rue du Val-de-Grâce, à Paris, 5<sup>e</sup>.
- Varret** (René), Constructeur d'appareils électriques pour les Sciences et pour l'industrie automobile, 39, rue Rivay, à Levallois-Perret (Seine).
- Vasilescu-Karpon** (Nicolas), Docteur ès Sciences, Professeur à l'*École des Ponts et Chaussées de Bucarest*, 40, rue Occident, à Bucarest (Roumanie).
- Vassillière-Arlhac** (Joseph-Louis-Frédéric), Ingénieur électricien, 7, rue du Fort-Hatry, à Belfort (Territoire de Belfort).
- Vaublanc** (Ch. de), Ingénieur, à la *Société de l'Accumulateur Tudor*, 42, rue d'Artois, à Paris, 8<sup>e</sup>.
- Vaubuisson** (Robert-Auguste), Assistant au Laboratoire spécial de M. Léauté à la *Société Industrielle des Téléphones*, 7, rue Alphonse-Pallu, au Vésinet (S.-et-O.).
- Vaudrey** (Paul-Virgile), Ingénieur-Constructeur électricien, 51, rue de Paradis, Paris, 10<sup>e</sup>.
- Vautier** (Léon-Alexandre-Nicolas), Ingénieur, à la *Compagnie du Nord Africain*, à Méllila (Maroc).
- Vautier** (Théodore), Professeur à la *Faculté des Sciences de Lyon*, 3, montée de Bal-mont, à Lyon (Rhône).
- Veau de Lanouvelle** (Noël-René), Ingénieur des Arts et Manufactures, 47, rue Denfert-Rochereau, à Paris, 14<sup>e</sup>.
- Véchembre** (Maurice), Ingénieur E. C. P. et E. S. E., Ingénieur électricien à l'*Association des Propriétaires d'Appareils à vapeur du Sud-Ouest*, rue Antoine-Gadaud, à Périgueux (Dordogne).
- Vedovelli** (Edouard), Ingénieur-Constructeur, 160 et 162, rue Saint-Charles, à Paris, 15<sup>e</sup>.
- Venot** (André-Louis-Georges), Ingénieur des Arts et Métiers, Ingénieur-Électricien de l'*Institut Electrotechnique de Grenoble*, Ingénieur à la *Maison Hillairet-Huguet*, 52, avenue Philippe-Auguste, à Paris, 11<sup>e</sup>.
- Vérany** (Victor-J.-Ferd.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Licencié en Droit, ancien Élève de l'*École supérieure d'Electricité*, 20, avenue Wagram, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Verheyden-Chaine** (Étienne-François), Ingénieur diplômé B. S. E., *Établissements Schneider et C<sup>ie</sup>*, à Champagne-sur-Seine (Seine-et-Marne).

- Verdurand** (Abel-Paul-Louis-Joseph), Ingénieur, à Dié (Drôme).
- Vermain** (Antoine-Louis-Alfred), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur à la *Compagnie Française Thomson-Houston*, 7, rue Georges-Saché, à Paris, 14°.
- Vernes** (Amédée-Louis-Charles-Arthur), Associé de la *Maison Vernes, Guinet, Sigros et C<sup>ie</sup>*, Administrateur de la *Société industrielle des Téléphones*, 69, boulevard Malesherbes, à Paris, 8°.
- Vernet** (François), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur en chef de la *Compagnie générale des Travaux d'éclairage et de force*, 26, rue de Navarin, à Paris, 9°.
- Versel** (Ferdinand), Ingénieur aux *Mines de Blanzy*, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Véry** (Hector), Ingénieur, 103, avenue de la République, à Paris, 11°.
- Vial** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur des *Mines de Mercadal*, par Torrelavega, province de Santander (Espagne). M. F. M. P.
- Vial** (Jules), Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur d'instruments d'Optique, 55, rue Caulaincourt, à Paris, 18°. M. F.
- Vichniak** (Jacques), 22, rue Eugène-Millon, à Paris, 15°.
- Victor** (Emmanuel), Ingénieur électricien, 23, rue Ernest-Renan, à Reims (Marne). M. F.
- Vidal** (Adolphe), Professeur de Physique à l'*École nationale d'Arts et Métiers d'Aix*, 18, boulevard de la République, à Aix (Bouches-du-Rhône).
- Viel** (Georges), Directeur de l'*Énergie électrique du Centre*, 35, rue Balaÿ, à Saint-Étienne (Loire).
- Viénot** (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de l'*Usine à gaz*, à Pau (Basses-Pyrénées).
- Vigier** (Raoul), Sous-Inspecteur au *Chemin de fer du Nord*, 6, rue Furstenberg, à Paris, 6°.
- Vignerie** (Charles), Ingénieur électricien. Conseil en matières d'Installations minières et industrielles, 10, rue du Mont-Dore, à Paris, 17°.
- Villard** (Paul), Membre de l'Institut, 47, boulevard Saint-Germain, à Paris 5°. M. P.
- Ville le Roulx** (Pierre de la), Directeur de la *Société pour le travail électrique des métaux*, 92, boulevard Flandrin, à Paris, 16°.
- Villeneuve** (Marie-Joseph-Émile-Baptiste), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Attaché à la Traction des *Chemins de fer du Midi*, 97, rue des Grands-Fossés, à Tarbes (Hautes-Pyrénées).
- Villiers** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, attaché aux *Services électriques des Chemins de fer de l'État*, 31, rue d'Alésia, à Paris, 14°. M. P.
- Villiers** (Robert), Attaché au *Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité*, 152, boulevard Haussmann, à Paris, 9°.
- Vincent** (Albert), Ingénieur A. M., 28, faubourg des Vosges, à Belfort (Territoire de Belfort).
- Vincent** (Gabriel), Ingénieur A. M., E. S. E., Représentant des *Établissements Maljournal et Bourron*, 38, allées Alphonse-Peyrat, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Vincent** (Marcel), Ingénieur A. M. et E. S. E., Ingénieur attaché au Service technique de la *Société l'Éclairage électrique*, 95, rue Leblanc, à Paris, 15°.
- Vincent** (Paul), Ingénieur électricien, Chef des Services électriques de la *Société*

- anonyme d'Éclairage par le gaz de la Ville de Clermont-Ferrand*, 9, rue de Châteaudun, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- Vinson** (Jules), attaché à l'Inspection du service des installations électromécaniques de la *Compagnie des Chemins de fer de l'État*, 25 bis, rue du Château, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Violet** (Léon), Ingénieur, Trésorier honoraire de la *Société internationale des Électriciens*, 6, rue de l'Abbaye, à Paris, 6<sup>e</sup>. M. F. M. P.
- Violette** (Jean-Henri), Licencié es-Sciences, Ingénieur E. S. E. au Laboratoire de la *Société Industrielle des Téléphones*, 274, rue de Rueil, à Colombes (Seine).
- Violle** (J.), Membre de l'Institut, Maître de Conférences à l'*École Normale*, Professeur au *Conservatoire national des Arts et Métiers*, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris, 5<sup>e</sup>. M. F.
- Viry** (Pierre), Capitaine d'Artillerie, 17, rue Sainte-Ursule, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Vivarez** (Henry), Ingénieur civil des Mines, 12, rue de Berne, à Paris, 8<sup>e</sup>. M. F.
- Vivès** (D<sup>r</sup> Guillermo), Médecin-Oculiste, à Ponce (île de Porto-Rico). M. F. M. P.
- Vivès y Navaro** (D<sup>r</sup> Carlos), Atocha, 19, à Ponce (île de Porto-Rico). M. P.
- Vivien** (A.-M.-H.), Ingénieur, 11, rue Terrusse, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Vloten** (Frank van), Ingénieur, Heerestraat, à Wageningen (Pays-Bas). M. P.
- Voisenat** (Jules), Ingénieur en chef des Télégraphes, 52, rue Berlier, à Dijon (Côte-d'Or).
- Vourloud** (Pierre), Ingénieur de la *Maison Rousselle et Tournaire*, 53, rue Custine, à Paris, 18<sup>e</sup>.
- Vuigner** (Émile), Ingénieur-Conseil pour les Mines, la Métallurgie et l'Industrie chimique, 46, rue de Lille, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Vuillemin** (René-J.-J.), Enseigne de Vaisseau, à bord du *Triton*, station des Sous-Marins, à Cherbourg (Manche).
- Vuilleumier** (C.), Ingénieur électricien, 3, chemin Puthon Grange Canal, à Genève (Suisse).
- Vulcanesco** (G.-M.), Ingénieur des constructions civiles, Ingénieur électricien, 14, Strada Décébal, à Turnu-Severin (Roumanie).
- Waganoff** (Alexandre-Nicolajevitch), Station Tscherskaya, Chemin de fer Nord-Ouest (Russie Pscof).
- Walckenaer** (Charles), Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'*École des Ponts et Chaussées*, 218, boulevard Saint-Germain, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Wall** (Charles), Ingénieur de 1<sup>re</sup> classe de la Marine, 93, avenue du Roule, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Wallut** (Raymond), 43, avenue du Bois de Boulogne, à Paris, 17<sup>e</sup>.
- Warnerie** (Frédéric), Ingénieur à la *Maison Harlé et Cie*, 9, avenue Duquesne, à Paris, 7<sup>e</sup>.
- Waterhouse** (Laurence-Maxwell), A. M. Inst. E. E., Managing Director and Engineer, *The Simplex Steel, Conduit Co*, Bindown, Lower Teddington Road, à Hampton Wick (Angleterre).
- Wattelet** (Jules-Édouard), Ingénieur électricien (E. S. E.), Licencié ès sciences, Ingénieur Chef du Service Électrique, à la *Société des Houillères d'Épinac*, à Épinac (Saône-et-Loire).
- Weaver** (W.-D.), Ingénieur électricien, à Charlottesville, Virginia (U. S. A.).

- Weill** (Horace), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 26, rue Vavin, à Paris, 6<sup>e</sup>.  
**Weiller** (Lazare), Ingénieur-Manufacturier, 27, rue de Londres, à Paris, 9<sup>e</sup>. M. F.  
**Weiss** (Georges), Professeur agrégé à la *Faculté de Médecine*, 20, avenue Jules-Janin, à Paris, 16<sup>e</sup>.  
**Weiss** (Pierre), Professeur à l'*École Polytechnique de Zurich*, 86, Universitäts-strasse, à Zurich (Suisse).  
**Weissmann** (Gustave), Ingénieur E. P. C., Administrateur-délégué de la *C<sup>te</sup> française des Perles électriques*, 7, rue Pierre-le-Grand, à Paris, 8<sup>e</sup>.  
**Velles** (Francis-Raymond), 92, avenue Henri-Martin, à Paris, 16<sup>e</sup>.  
**Westinghouse Electric and Manufacturing C<sup>o</sup>**, à East-Pittsburgh (P.A.) (U.S.A.).  
**Wetzel** (Pierre-Charles-Frédéric), Ingénieur de la Marine, 46, boulevard Émile-Augier, à Paris, 16<sup>e</sup>.  
**Weyer** (Victor-Jacques), Ingénieur, 79, rue Truffaut, à Paris, 17<sup>e</sup>.  
**Widmer** (Jules-Henri), Directeur des Services de la canalisation à la *C<sup>te</sup> Parisienne de distribution d'Électricité*, 8, rue Brémontier, à Paris, 17<sup>e</sup>.  
**Willemetz** (Henry), 225, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris, 8<sup>e</sup>.  
**Winch** (Jean-Jules), Ingénieur électricien à la *Maison Harlé et C<sup>te</sup>*, rue d'Alembert, à Meudon (Seine-et-Oise).  
**Winter** (G.-K.), F. R. A. S., M. Inst. C. E., M. I. E. E., Telegraph Engineer and Electrician Madras Railway, à Arkonum, près Madras (Indes orientales). M. F. M. P.  
**Witzig** (Augustin), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Directeur Général de la Société *L'Éclairage électrique*, 12, avenue du Trocadéro, à Paris, 16<sup>e</sup>.  
**Wuilleumier** (Henri), Ingénieur, 46, rue Lepic, à Paris, 18<sup>e</sup>.  
**Xifra** (Narciso), Ingénieur électricien, à Górona (Espagne). M. P.  
**Zammit** (William), Ingénieur en chef à la *Energia Electrica de Cataluna*, 308, Calle Mallorca, à Barcelone (Espagne).  
**Zetter** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de l'*Appareillage électrique Grivolos*, ancien Président du *Syndicat professionnel des Industries électriques*, ancien Vice-président de l'*Union des Syndicats de l'Électricité*, Membre du Comité de la Société des *Ingénieurs Civils de France*, 49, rue de Maubeuge, à Paris, 9<sup>e</sup>.  
**Zweifel** (Gaspard), Directeur du *Service électrique* à la *Société alsacienne de Constructions mécaniques*, à Belfort (territoire de Belfort).
-

# LISTE PAR LOCALITÉS

## FRANCE.

### AIN

#### GUEREINS

Mathon (G.).

### AISNE

#### LA FÈRE

Bertrand de Broussillon.

#### NEUILLY SAINT-FRONT

Capon (R.).

#### SAINT-QUENTIN

Béranger (A.-F.).

Deverly (J.).

Dubois.

Gibert (A.).

#### TERGNIER

Lecoq (L.).

#### VAUXBUIN

Sabatié-Garat (P.).

### ALLIER

#### MONTLUÇON

Jéramec (H.).

Meunier (G.-A.).

#### MONTMARIAULT

Brizon (R.).

#### MOULINS

Lardy (A.).

#### VICHY

Bellon.

### ALPES-MARITIMES

#### ANTIBES

Lilmand.

#### CANNES

Moulinier (G.).

### GRASSE

Rouquier (E.).

#### NICE

Caire (A.).

Chrétien (H.).

Debout (A.).

Goudet (H.).

Granier (J.).

Laurent (P.).

Mandin.

Prève (L.).

Scheffler (A.).

Souchier (F.).

#### SAINT-MARTIN-VÉSUDIE

Mottet (J.).

### ARDECHE

#### PONT-D'AUBENAS

Claparède.

#### LE TEIL

Meunier (P.).

### ARDENNES

#### MÉZIÈRES

Humblot (G.).

#### MOHON

Hervé (P.).

#### RIMOGNE

Gilotaux (G.).

### AUBE

#### ROMILLY-SUR-SEINE

Furet (P.).

#### TROYES

Ourson.

Tassin (E.).

### AUDE

#### CARCASSONNE

Estrade (J.).

### NARBONNE

Paszkowski (H.).

### AVEYRON

#### DECAZEVILLE

Baudis (A.).

#### RODEZ

Ferrier.

Lagarigue (J.).

#### VIVIEZ

Dive (P.).

### BOUCHES-DU-RHONE

#### AIX

Morel (F.).

Vidal (A.).

#### ARLES

Vaquer (P.).

#### MARSEILLE

Albrand (E.).

Bargeton (P.).

Barraud (E.).

Berthet (M.).

Blanc (C.).

Bourrellis.

Buisson (H.).

Costa (J.).

Detraux (L.).

Dumon.

Dupau (C.).

Fabre (H.).

Fabry (C.).

Genkin (W.).

Grandjean (J.).

Laporte (G.).

Lecat (E.).

Lévêque (G.).

Manescau (L.).

Niéloud (C.-M.).



Ollivier (E.).  
Poujol (L.).  
Vivien (A.).

# **CALVADOS**

BAYEUX

L'Hermitte (J.).

CAEN

Huard (M.).  
Sautarel (L.).

MONDEVILLE

Boutrais.

TROUVILLE

Néel (A.).

# **CANTAL**

MAURS.

Gratacap (A.).

# **CHARENTE**

BONNES

Ferrère (E.).

# **CHARENTE-INFÉRIEURE**

LA PALISSE

Jouen (R.).

LA ROCHELLE

Rodier (P.).

ROCHEFORT

Besson (L.).

# **CHER**

BOURGES

Arnould (C.).  
Rouyer (C.).

FLAVIGNY PAR NÉRONDES

Fauconneau.

SAINT-AMAND

Guillaume (E.).

VIERZON

Loth (H.).

# **CORRÈZE**

BRIVE

Marsalès (P.).

LAVEYRIE

Raymond (L.).

TULLE

Causse (J.).

# **CORSE**

BASTIA

Doat (F.).

# **CÔTE-D'OR**

DIJON

Boulangier (J.).  
Charlot (E.).  
Pionchon (J.).  
Roy (G.).  
Voisenat (J.).

# **CÔTES-DU-NORD**

SAINT-BRIEUC

Bouget.  
Bullier (G.).

# **DORDOGNE**

MONTPON-SUR-L'ISLE

Gendre (P.).

PÉRIGUEUX

Véchembre (M.).

TERRASSON

Dubournay (J.).

# **DOUBS**

ARC-ET-SENANS

Mortureux (L.).

BESANÇON

Boudeville (A.).  
Dyrion (J.).  
Midoz (Ch.).  
Moulin (M.).  
Perreau (F.).

BRÉGILLE

Lacombe (E.).

DAMPIERRE-LES-BOIS

Belfils (G.).

FRASNE

Coqblin (H.).

# **DROME**

DIE

Verdurand (A.).

ROMANS

Riollé (M.).

# **EURE**

VERNON

Aumont (L.).

# **FINISTÈRE**

BREST

Blot (P.).  
Desforges (R.).  
Gazanion.  
Godfroy (F.).  
Lacoste (H.).  
Perret (L.).  
Valensi (R.).

# **GARD**

BESSÈGES

Compagnie houillère (L.)  
Directeur de la).

LA GRAND COMBE

Dugas (J.).

NIMES

Ferré (F.).

TAMARIS

Deleuze (A.).

# **GARONNE (HAUTE-)**

BAGNÈRES-DE-LUCHON

Mounet.

FOS

Magron (H.).

POINTIS-ISNARD

Caplong (E.).

TOULOUSE

Juppont (P.).  
Lacrampe (P.).  
Lagarrigue (J. de).  
Lautré.  
Vincent (G.).  
Viry (P.).

# **GIRONDE**

ARÈS

Barraud (P.).

BORDEAUX

Amiaud (P.).  
Bergonié (J.).  
Chevallier (H.).  
Delasalle (A.).  
Kupper.  
Labroue (E.).  
Labrouste.

Renous (J.).  
Rousseau (B.).  
Tissot (E.).  
Turbiaux (P.).

**CAUDÉRAN**

Douilhet (A.).

**SAINTE-FOY-LA-GRANDE**

Lourme.

**HÉRAULT**

**BÉDARIEUX**

Blanc (E.).

**BÉZIERS**

Brissaud.

Pailleret.

**MONTPELLIER**

Chillaz (de).

Héritier.

Tardy de Montravel (F.).

**ILLE-ET-VILAINE**

**CHAUDEBOEUF**

Courtet (Abbé).

**DINARD**

Landegren (H.).

**RENNES**

Cauneille (H.).

Janvier (A.).

Roche (C.).

**SAINT-SERVAN**

Berhaut (E.).

Le Maréchal (E.).

**INDRE**

**VILLADON**

Bérard.

**INDRE-ET-LOIRE**

**TOURS**

Nouguier (L.).

**ISÈRE**

**ALLEVARD**

Giraud (M.).

**GRENOBLE**

Association des Anciens  
Élèves de l'Institut élec-  
trotechnique.

Barbillon (L.).

Bergeon (P.).

Bertoye (L.).

Bouvier (H.).

Démarchez (G.).

Gariel (M.).

Hulin (L.).

Institut électrotechnique de  
Grenoble.

Jenny (F.).

Maréchal (C.).

Mertz (F.).

Poirson (E.).

Rochas (V.).

Vallée (de).

**LE LIVET**

Keller.

**LES CLAVAUX.**

Bessège.

**PONT-DE-BEAUVOISIN**

Baillat (E.).

**PONT-DE-CHÉRU**

Lefèvre (G.).

**RIVES**

Blanchet (H.).

Langlois (J.).

**LOIR-ET-CHER**

**BLOIS**

Girard de Vasson (J.).

Pinson (A.).

**ROMORANTIN**

Genty (E.).

**LOIRE**

**BUSSIÈRE**

Trublereau (C.).

**FIRMINY**

Bayle (F.).

**POUILLY-SOUS-CHARLIEU**

Laucagne (A.).

**SAINT-ÉTIENNE**

Fayard (P.).

Fayolle (A.).

Foulhouze (A.).

Guitton (A.).

Perrin (M.).

Viel (G.).

**LOIRE (HAUTE)**

**DOMEYRAT**

Bertin (H.).

**LOIRE-INFÉRIEURE**

**ANCENIS**

Commenges (G.).

**NANTES**

Bordier (G.).

Bruneteau (M.).

Bureau (G.).

Cannic (A.).

Crasner (P.).

Gajan (E.).

Genkin (D.).

Le Souhaitier.

Maisonnette (S.).

Motin (E.).

Sabatier (L.).

**SAINT-NAZAIRE**

Chabot (L.).

Charpentier (H.).

Lecour (P.).

Sellier (A.).

**LOIRET**

**LES ROCHES**

Loreau (A.).

**ORLÉANS**

Fauconnier.

**LOT-ET-GARONNE**

**AGEN**

Bouvier (A.).

**FUMEL**

Sandré (H.).

**LOUBATÈRY**

Ducouso (Th.).

**MARMANDE**

Chapat (Ch.).

**LOZÈRE.**

**FLORAC.**

Monteils.

**MAINE-ET-LOIRE**

**ANGERS**

Orain (A.).

Pichery (L.).

Sauvêtre (G.).

**MANCHE**

**CHERBOURG**

Cunéo d'Ornano (N.).

Donval (Y.).

Letourneur (A.).  
Ligneau (H.).  
Séry (P.).  
Vuillemin (P.).

**GRANVILLE**

Gallini (A.).

**PLACY-MONTAIGU**

Couteux.

**MARNE**

**REIMS**

Coze.

Victor (E.).

**MARNE (HAUTE-)**

**JONCHERY**

Frison (E.).

**NOGENT-EN-BASSIGNY**

Janny (M.).

**SAINT-DIZIER**

François (A.).

Grosrenaud (R.).

**MAYENNE**

**LAVAL**

Bouvier (A.).

**MESLAY-DU-MAINE**

Lagarde (C.).

**MEURTHE-ET-MOSELLE**

**AUBOUÉ**

Martel.

Renard (Ch.).

**DOMBASLE-SUR-MEURTHE**

Solvay et C<sup>ie</sup>.

**HERSERANGE**

Latour (G.).

**MONT-SAINT-MARTIN**

Dreux (A.).

Évain.

**NANCY**

Association amicale des Ingénieurs anciens Élèves de l'Institut électrotechnique et de Mécanique appliquée.

Bioy (J.).

Cheilletz (G.).

Courtot (A.).

Dalmon (E.).

Dupé (H.).

Dupuy (F.).

Fleury (C.).

Grosjean (R.).

Hammer (J.).

Institut d'Électrotechnique et de Mécanique appliquée de la Faculté des Sciences.

Joubert (A.).

Maillat (G.).

Martin-Saxton (C.).

Mauduit (A.).

Moreau de la Meuse (J.).

Nuchèze (H. de)

Steinmann.

Vandeveldé (H.).

**NEUVES-MAISONS**

Jénot (C.).

**PONT-A-MOUSSON**

Société anonyme des Établissements Adt.

**PONT-SAINT-VINCENT**

Le Bigot (J.).

**SAULNES**

Berthier (A.).

**TOUL**

Durousselet (G.).

**MEUSE**

**VERDUN**

Lefèvre (J.).

**MORBIHAN**

**HENNEBONT**

Perrin (A.).

**LORIENT**

Tissier (M.).

**NIÈVRE**

**NEVERS**

Darbois (J.).

**NORD**

**ANICHE**

Paumier (G.).

**DENAIN**

Grivet (R.).

Stévenin (R.).

**DOUAI**

Boreau.

Desgouttes (P.).

Dumay (Ch.).

Duval (H.).

Fayot (L.).

Micaud (G.).

Robin (M.).

**FAMARS-LEZ-VALENGIENNES**

Lernould (P.).

**FIVES-LILLE**

Guillemin (P.).

**JEUMONT**

André (E.).

Bouyer (P.).

Breton (R.).

Lebrun (M.).

Perret (J.).

Schwarzfeld (E.).

**LAMBERSART**

Forstall (G.).

**LESQUIN**

Banti (E.).

Delalande (H.).

Jouvenel (A.).

Paradis (M.).

**LILLE**

Arquembourg (C.).

Association amicale des anciens Élèves diplômés de l'Institut électrotechnique de l'Université de Lille.

Brey (P.).

Damien (B.).

Dreyfus (G.).

Ducastel-Blandin (G.).

Dujardin (A.).

Faure (J.).

Meynier (A.).

Mossé (E.).

Nègre (F.).

Perdrizet (P.).

Pesez (L.).

Swyngedauw (R.).

**MAUBEUGE**

Payet (P.).

**ROUBAIX**

Beghin (A.).

Hugues (L.).

Piteux (M<sup>re</sup>).

**TOURCOING**

Courquin (Abbé).

Rieux (A.).

**VALENCIENNES**

Dumoulin (G.).

Flayelle (G.).

Hoffmann (F.).

Thiéry (P.).

**OISE**

**CRAMOISY**

Labèque (E.).

**CREIL**

Gaucharaud (A.).

**CUISE-LAMOTTE**

Schumberger (M.).

**ORVILLERS-SOREL**

Ségonzac (R. de).

**RESSONS-SUR-MATZ**

Franquet.

**ORNE**

**CUISSAI**

Malassis de la Cussonnière.

**TORCHAMP**

Gryois.

**PAS-DE-CALAIS**

**ARRAS**

Menin.

**AUCHEL**

Herzen (H.).

**BILLY-MONTIGNY**

Houzé (H.).

**BOULOGNE-SUR-MER**

Deplanque (A.).

Paulmier (A.).

Sanarens (J.).

**BULLY-LES-MINES**

Jaula (G.).

**CALAIS**

Bainville (P.).

Picard (J.).

Roussel (A.).

**CARVIN**

Gauthier.

**HÉNIN-LIÉTARD**

Burot (M.).

Dominé (A.).

**LENS**

Minard (P.).

Reumaux (E.).

Revel.

**LIÉVIN**

Féder (E.).

**VENDIN-LE-VIEIL**

Dinoire (E.).

**PUY-DE-DOME**

**CLERMONT-FERRAND**

Binet.

Françq (C.).

Fric (R.).

Martinroche (A.).

Vincent (P.).

**LES MARTRES-DE-VEYRE**

Chauvassaignes.

**THIERS**

Limousin (Ch.).

**PYRÉNÉES (BASSES-)**

**BAYONNE**

Crouzat (P.).

Fave (A.).

**BIARRITZ**

Roche (A.).

**PAU**

Delgay (L.).

Guilhem (E.).

Viénot (G.).

**PYRÉNÉES (HAUTES-)**

**ARREAU**

Leduc (B.).

**BAGNÈRES-DE-BIGORRE**

Soulé (D.).

**ESCONDEAUX**

Larré (J.).

**PIERREFITTE-NESTALAS**

Ferron (L.).

**TARBES**

Louis (C.).

Thélin (de).

Villeneuve (J.).

**VILLELONGUE**

Belleville (J.).

**PYRÉNÉES-ORIENTALES**

**MAURY**

Pous (A.).

**PERPIGNAN**

Sanyas (L.).

**RHÔNE**

**GIVORS**

Faucher (L.).

Pernier (M.).

**LA MULATIÈRE**

Giraud-Teulon (M.).

**LYON**

Beaujard (L.).

Bellet (C.).

Boutan (A.).

Compagnie du Gaz de Lyon.

Côte (E.).

Courbier (J.).

Darfeuille (M.).

Décombe.

Delon (J.).

Domenach.

Dumont (E.).

Fasse (J.-E.).

Fleury (P.).

Garnier (G.).

Garry (E.).

Godinet (A.).

Graff (J.).

Henrard (G.).

Limb (C.).

Locquin.

Maréchal

Nissou (A.).

Pallière (A.).

Piaton (R.).

Pierrot (E.).

Pinet (E.).

Pravaz (H.).

Richard (A.).

Rigollot (P.).

Risler (T.).

Rochas (J.).

Rodet.

Sandstrom.

Schœn et Charlet.

Simon (P.).

Société anonyme des Éta-  
blissements Maljournal et  
Bourron.

Société française des Câbles  
électriques.

Société lyonnaise des Forces  
motrices du Rhône.

Sorlin (F.).

Stahl (P.).

Trouilhet (F.).

Vautier (T.).

**SAINT-GENIS-LAVAL**

Gaillard (J.).

**TARARE**

Mondange (A.).

**TASSIN**

Bouchard (P.).

**SAÔNE (HAUTE-)**

**LUXEUIL-LES-BAINS**

Rubigny (F.).

**SAONE-ET-LOIRE**

**CHALON-SUR-SAONE**

Forey.

**CHAMIREY-BOURGNEUF-**

**VALDOR**

Jordery (C.).

**ÉPINAC-LES-MINES.**

Wattelet.

**MONTCEAU-LES-MINES**

Versel (F.).

**SARTHE**

**LE MANS**

Cabaret.

Collin (P.).

Leyendecker (L.).

Séguin (L.).

**SAVIGNÉ-LÉVÊQUE**

Filleul-Brohy.

**SABLÉ**

Jégou (P.).

**SAVOIE**

**NOTRE-DAME-DE-BRIANÇON**

Sarda-Garriga (P.).

**S<sup>t</sup>-MICHEL-DE-MAURIENNE**

Ambly (R. d').

**SAVOIE (HAUTE-)**

**ANNECY**

Aussédât (L.).

Dusaugéy (E.).

**CHAMBÉRY**

Néré (G.).

**CHEDDE**

Société des Forces motrices  
et Usines de l'Arve.

**SEINE**

**ALFORTVILLE**

Barré (G.).

Cottavoz (J.).

Devaux (A.).

**ARCUEIL**

Soulier (A.).

**ASNIÈRES**

Allamet (M.).

Brylinski (E.).

Damoiseau (J.-B.).

Duperron (G.).

Fay (P.).

Heinz.

Janvier (G.).

Liagre (C.).

Schillès (A.).

Thomas (S.).

**AUBERVILLIERS**

Patot (H.).

**BILLANCOURT**

Debray (A.).

**BOIS-COLOMBES**

Boy de la Tour.

**BONDY**

Damoiselet (R.).

**BOULOGNE-SUR-SEINE**

Bapst (H.).

Claude (G.).

Drouin (F.).

Girardin (M.).

Labour (E.).

**BOURG-LA-REINE**

Dongier (R.).

Farlet (P.).

Hiberty.

Planchon.

Urbain (G.).

**CHARENTON**

Gaillard (H.).

**CLAMART.**

Lefèvre (E.).

**CLICHY**

Bardon (L.).

Daguerre (H.).

Paulin (C.).

**COLOMBES**

Foltz (G.).

Griffisch.

Violette (J.).

**COURBEVOIE**

Cosson (G.).

Garbarini.

Johann (Ch.).

Lebon (R.).

**CRÉTEIL**

Renou (R.).

**PONTENAY-SOUS-BOIS**

Bassée (Ch.).

**GENTILLY**

Foy (F.).

**ISSY-LES-MOULINEAUX**

Brenot (M.).

Guitard (P.).

Larnaude (A.).

Lebaupin (G.).

**LE BOURGET**

Adam (A.).

Desombre (P.).

Schwarberg (E.).

**LE PERREUX**

Dcaux (L.).

Razet (Y.).

**LEVALLOIS-PERRET**

Eclancher (V.).

Guinant (E.).

Nimier (P.).

Varret (R.).

**MALAKOFF**

Doignon (L.).

**MONTREUIL-SOUS-BOIS**

Berne (J.).

Gros (A.).

**NANTERRE**

Getting (E.).

Gutperle A.).

**NEUILLY-SUR-SKINE**

Aubert (P.).  
Bähr (G.).  
Barthélemy (E.).  
Bourdel (J.).  
Bruder.  
Grelley (P.).  
Guéry (F.).  
Lafargue (P.).  
Le Las.  
Lestrade (G.).  
Monnier (D.).  
Rieunier.  
Roche (G.).  
Rufz de Lavison (de).  
Saget (J.).  
Schuhler (P.).  
Soyer (A.).  
Vinson (J.).  
Wall.

**NOGENT-SUR-MARNE**

Arsonval (d').  
Bochet (L.).

**NOISY-LE-SEC**

Michard (A.).

**PARC SAINT-MAUR**

Kissel (Ed.).

**PARIS**

Abraham (H.).  
Aguerre (J.).  
Alause (L.).  
Alby (A.).  
Alizan (M.).  
Allain-Launay (J.).  
Allaire (E.).  
Alliot (R.).  
Amarante (G. de).  
Amiot (I.).  
Amoudruz (A.).  
Ancel (L.).  
André (H.).  
Angé (E.).  
Archat (P.).  
Armagnat.  
Armengaud jeune.  
Armengaud aîné.  
Arnoux (R.).  
Arvis (R.).  
Aubry (E.).

Audoux (G.).  
Avril (C.).  
Azambre (P.).  
Azaria.

Bachon (L.).  
Bacqueyrise (L.).  
Badon-Pascal (G.).  
Baignières.  
Baillaud (E.).  
Baille (J.).  
Baillehache (R. de).  
Bailleul (P.).  
Bancarel (de).  
Bancelin (E.).  
Barbou (A.).  
Bardin (G.).  
Bardy (Ch.).  
Barret (M.).  
Barrillon (E.).  
Barris (P.).  
Barrody (G.).  
Bary (P.).  
Basch (E.).  
Bascou (A.).  
Baudot (V.).  
Baudran (E.).  
Bauman (J.).  
Baux.  
Bax (G.).  
Beau (H.).  
Beaudier (A.).  
Beaufond (J. de).  
Beausobre (E. de).  
Beauvois-Devaux (A.).  
Becker (B.).  
Becq (L.).  
Bèle (A.).  
Bellaigue (de).  
Bellot (L.).  
Belot.  
Bélugou (V.).  
Benoist (G.).  
Benoist (J.).  
Berger (M.).  
Bergeron (L.).  
Bergès (G.).  
Berrier (M.).  
Bertail (E.).  
Berthelot (D.).  
Berthon (J.).  
Berthon (L.).

Bertrand (E.).  
Besana (F.).  
Besombes (C.).  
Besson (P.).  
Béthenod (J.).  
Bianu.  
Bickart (L.).  
Bidet (L.).  
Bion.  
Bitterli (E.).  
Biver (L.).  
Bizet (S.).  
Blaché (P.).  
Blanchet (A.).  
Blanchon.  
Bligny (J.).  
Bloch (A.).  
Bloch (E.).  
Bloch (M.).  
Bloch-Sée (A.).  
Blondeau (J.).  
Blondel (A.).  
Blondin (J.).  
Blondin (M.).  
Bochet (A.).  
Bochet (M.).  
Bocquet (E.).  
Bœll (C.).  
Boilevin.  
Boissard (G.).  
Boisserand (P.).  
Boistel (E.).  
Bonaparte (Prince R.).  
Bonfante (F.).  
Bonnécuelle (A.).  
Bonnet (J.).  
Bonnouvrier (A.).  
Borderel (J.).  
Bordé (P.).  
Bordet (L.).  
Borel (H.).  
Boris (R.).  
Bornand (E.).  
Borrel (G.).  
Boucherot (P.).  
Bouchet (M.).  
Bouchon.  
Boudineau (A.).  
Boudreaux (L.).  
Bouju (G.).  
Boulardet (E.).  
Boulay de la Meurthe (E.).

- Boulitte (G.).  
Bour (P.).  
Bourgeois.  
Bourguignon (P.).  
Boursault (H.).  
Boursy (M.).  
Boussion (R.).  
Bouthillon (L.).  
Boutin (M.).  
Bouty (E.).  
Bouvier (C.).  
Brachet (H.).  
Brachotte (A.).  
Braise.  
Branly (E.).  
Brault (C.).  
Bréguet (J.).  
Bréguet (L.).  
Brès (H.).  
Brillouin (A.).  
Brillouin (M.).  
Brisson (H.).  
Broca (A.).  
Brocq.  
Brogie (M. de).  
Brouard (J.).  
Bruhl (P.).  
Brüll (M.).  
Brun (D.).  
Brune (P.).  
Brunel (H.).  
Brunet (A.).  
Brunot.  
Brunswick (E.).  
Bucquet (H.).  
Buffet (E.).  
Buisson.  
Bumsel.  
Bunet (P.).  
Bureau (H.).  
Burton (Ch.).  
Busson (E.).  
Busson (V.).  
Butaud (J.).  
  
Cadart (L.).  
Cadiot (M.).  
Cahen (A.).  
Cahen (H.).  
Cahen (L.).  
Cailho.  
Calmettes (R.).  
  
Calvé (F.).  
Campanakis (A.).  
Cance (A.).  
Cance (A.).  
Canet (P.).  
Carbenay (F.).  
Carpentier (J.).  
Carpentier (J.).  
Carré (C.).  
Carron.  
Casas (L.).  
Cassegrain (F.).  
Cathiard (G.).  
Caudrelrier (E.).  
Cellerier (J.).  
Chaboche (E.).  
Chabrié.  
Chailloux (P.).  
Chalon (P.).  
Chambost.  
Chamon (G.).  
Chapelle (P.).  
Chardin (A.).  
Chassériaud.  
Chaudron (R.).  
Chaufour (E.).  
Chaumat (H.).  
Chaussonot (H.).  
Chauvière.  
Chauvin (R.).  
Chedeville (E.).  
Chemin (E.).  
Chéneveau (C.).  
Chéron (T.).  
Chéronnet (M.).  
Cheurlot (P.).  
Chevaillier.  
Chireix (H.).  
Chotard (E.).  
Choulet.  
Chrétien (P.).  
Clerc (F.).  
Clin (E.).  
Cohen (E.).  
Cohn (J.).  
Combemale (H.).  
Compagnie centrale d'Éclairage par le Gaz.  
Compagnie électrique de la Loire.  
Compagnie parisienne de l'Air comprimé.  
  
Comte (P.).  
Constans (A.).  
Conti (G.).  
Coquelet (E.).  
Cordier (G.).  
Cordin (G.).  
Cornabat (R.).  
Cornet (J.).  
Cornier (E.).  
Cornuault (A.).  
Cornuault (E.).  
Cosserat (F.).  
Costabel.  
Cottard (G.).  
Couffon (R.).  
Coullaut (P.).  
Courtois (G.).  
Cousin (E.).  
Couteaud (A.).  
Coutelier (L.).  
Couvreur (A.).  
Croiset (A.).  
Cruchon (L.).  
Curchod (A.).  
  
Da (J.).  
Dain (H.).  
Dalemont (J.).  
Danne (J.).  
Darq (E.).  
Darest de la Chavanne.  
Darras (A.).  
Darrieus.  
David (C.).  
David (L.).  
Dazelle (G.).  
Debains (A.).  
Debeauve (P.).  
Debionne (E.).  
Décombe.  
Décorat (A.).  
Defert (M.).  
Défossez (J.).  
Dehenne (G.).  
Dejust (J.).  
Delachaux (C.).  
Delamare.  
Delamotte (M.).  
Delaporte (P.).  
Delas (F.).  
Delaunay (E.).  
Delaunay-Belleville (R.).

Delorme (P.).  
 Delpuech (G.).  
 Démichel (E.).  
 Demongeot (A.).  
 Denury.  
 Déramat (J.).  
 Descamp (G.).  
 Desmaretz (J.).  
 Desnuelles (M.).  
 Desrozières (E.).  
 Desvignes (M.).  
 Détroyat (J.).  
 Deutsch (E.).  
 Devaux (G.).  
 Devaux-Charbonnel.  
 Dieny.  
 Diéringer (G.).  
 Digeon (C.).  
 Dillemann.  
 Diot.  
 Ditte.  
 Dobkevitch (G.).  
 Domange (A.).  
 Douchin (M.).  
 Drake del Castillo.  
 Dreyfus.  
 Drin (L.).  
 Drouard (E.).  
 Drouët (L.).  
 Dubois (E.).  
 Dubois (R.).  
 Duchesne (E.).  
 Ducretet (R.).  
 Duez (G.).  
 Dulieux (F.).  
 Dumartin (L.).  
 Dumont (G.).  
 Dumont (P.).  
 Dupont (G.).  
 Dupont-Buèche.  
 Dupuis.  
 Dupuy (P.).  
 Durand (A.).  
 Durand (H.).  
 Durangel (G.).  
 Durnerin (H.).  
 Duval (C.).

École d'application du Génie  
 maritime.  
 Ehrmann.  
 Eiffel (A.).

Elluin (H.).  
 Emery (L.).  
 Epergue (E.).  
 Esbran.  
 Eschwège.  
 Espir (L.).  
 Établissement central de la  
 Télégraphie militaire.  
 Faber (C.).  
 Fabre (L.).  
 Faramond de Lafajole (de).  
 Faria (O. de).  
 Farman (D.).  
 Fauchon-Villeplée (A.).  
 Faugier (P.).  
 Faure Beaulieu (J.).  
 Faure-Miller (R.).  
 Favret (J.).  
 Feilchenfeld (A.).  
 Féron (J.).  
 Ferrié (G.).  
 Fesquet (P.).  
 Fichter (M.).  
 Fieschi (E.).  
 Foiret (A.).  
 Fontaine (E.).  
 Foucault (R.).  
 Fourcault (A.).  
 Fournier (G.).  
 Fournier (H.).  
 Fournier (J.).  
 Foveau de Courmelles.  
 Frager (A.).  
 France (E. de).  
 Fröhlich (R.).  
 Frouin (A.).

Gabriet (L.).  
 Gaiffe (G.).  
 Gallay (E.).  
 Gallet.  
 Galliot (F.).  
 Gallot (G.).  
 Galmiche (C.).  
 Gamard (G.).  
 Garbani (L.).  
 Garcin (J.).  
 Garfield (A.).  
 Gariel (C.).  
 Garnier (P.).  
 Gasnier (P.).  
 Gasquet (R.).

Gaston-Dreyfus (R.).  
 Gaucher (H.).  
 Gaudet (C.).  
 Gaultier (G.).  
 Gaumont (L.).  
 Gaupillat (M.).  
 Gauthier-Villars (A.).  
 Génon (H.).  
 Geoffroy (E.).  
 George (H.).  
 George (R.).  
 Georges-Picot.  
 Gigot (E.).  
 Gilles-Saint-Germain.  
 Gin (G.).  
 Gindre (E.).  
 Girard (C.).  
 Girard (L.).  
 Giraud (B.).  
 Girault (P.).  
 Girousse (G.).  
 Gleyre (C.).  
 Goisot (G.).  
 Goldschmidt (C.).  
 Goldsmidt (F.).  
 Gomien (E.).  
 Gomonet (E.).  
 Gondard (G.).  
 Gorce (P. de la).  
 Gourdeau (G.).  
 Gourguechon (G.).  
 Gramont (A. de).  
 Granat (E.).  
 Granger (P.).  
 Greslé (H.).  
 Grosdidier (H.).  
 Groslier (L.).  
 Grosselin (J.).  
 Guenzel (J.).  
 Guérin (P.).  
 Guibert-Lassalle.  
 Guichard (M.).  
 Guilbert.  
 Guillez (L.).  
 Guillon (E.).  
 Guinochet (R.).  
 Gutbier (P.).  
 Guy (G.).  
 Guyau.  
 Halphen (A.).  
 Hamm (L.).



- Hanning (W.).  
 Hardy (A.).  
 Harlé (E.).  
 Hayet (A.).  
 Hébert (P.).  
 Hélicas (G.).  
 Heller (R.).  
 Hély.  
 Henrion.  
 Henry (A.).  
 Henry (R.).  
 Herrenschmidt (H.).  
 Herrero (W.).  
 Herrmann (H.).  
 Hertault de Beaufort (d').  
 Heugues.  
 Hillairet (A.).  
 Holzschuch (J.).  
 Horn (E.).  
 Huber (M.).  
 Hubert.  
 Huguet (A.).  
  
 Iglésis (S.).  
 Illovici (A.).  
 Isambert (A.).  
 Istel (A.).  
  
 Jacquin (C.).  
 Jacquin (L.).  
 Jamin (J.).  
 Janculescu (C.).  
 Janet (P.).  
 Jannettaz (P.).  
 Japy de Beaucourt (H.).  
 Jarre (L.).  
 Jarriant (J.).  
 Jaubert (J.).  
 Jaulin (J.).  
 Javal (J.).  
 Javaux (E.).  
 Jeance (M.).  
 Jean-Joseph (A.).  
 Jeanson (J.).  
 Jigouzo (P.).  
 Jolivet (A.).  
 Joly (L.).  
 Josse (H.).  
 Jouaust (R.).  
 Jouët (G.).  
 Jouffret (H.).  
 Joula (G.).  
  
 Journée.  
 Jouvion (M.).  
 Joyer (G.).  
 Jumaù (L.).  
 Jung.  
  
 Kienast (H.).  
 Klein (E.).  
 Koch (C.).  
 Korda (D.).  
 Kraft (V.).  
 Krebs.  
 Krieger (L.).  
  
 La Baume Pluvinel (de)  
 La Boulaye (de).  
 Labour (H.).  
 Laboureur (M.).  
 Lacabe-Plasteig.  
 Lacauchie (L.).  
 Lacaze (H.).  
 Lachaise (R.).  
 La Chapelle (G. de).  
 Lactetelle (G.).  
 Lacroix (P.).  
 Lafontaine (L.).  
 Lalande (F. de).  
 Lalande.  
 Lalanne.  
 Laloy (J.).  
 Lancelot (F.).  
 Landrin (P.).  
 Landry (J.).  
 Lange.  
 Langevin.  
 Langot (W.).  
 Lapiné (M.).  
 Laporte (F.).  
 Larbitray (L.).  
 Larrousse (E.).  
 Lasserre (P.).  
 Latour (M.).  
 Laudet (G.).  
 Laurain.  
 Lauriol (P.).  
 Lavet (M.).  
 Léauté (A.).  
 Léauté (H.).  
 Le Bœuf (P.).  
 Lebovici (J.).  
 Lebrun (P.).  
 Lecerf (F.).  
  
 Le Chatelier.  
 Leclanché (M.).  
 Leclerc (F.).  
 Le Clerc (G.).  
 Lecocq (F.).  
 Lecocq (G.).  
 Lecomte (A.).  
 Ledeuil (L.).  
 Ledieu (h.).  
 Ledoux (R.).  
 Lefrançois (F.).  
 Le Gallou (Y.).  
 Legendre (L.).  
 Legeron.  
 Legouëz (R.).  
 Legoupil (P.).  
 Legrand (E.).  
 Lehmann (J.).  
 Lembké (H.).  
 Léo (F.).  
 Lepot (G.).  
 Lequeux (P.).  
 Leroy (M.).  
 Lesage (R.).  
 Lévy (M.).  
 Lezard (P.).  
 Liénard (A.).  
 Lippmann (G.).  
 Locherer (J.).  
 Loppé (F.).  
 Lorain.  
 Lorgeuvre.  
 Lorin (C.).  
 Louvet.  
 Lucas (F.).  
 Lyon (G.).  
 Lyon (M.).  
  
 Macaire (G.).  
 Machelard (P.).  
 Magunna (H.).  
 Mahoudeau (J.).  
 Mahul (J.).  
 Mainguenaud.  
 Malandrin (J.).  
 Malbet (L.).  
 Mambret (G.).  
 Manaut (G.).  
 Maquaire (F.).  
 Marcandier.  
 Marchena (de).  
 Maréchal (H.).

Marget (E.).  
 Mariage (A.).  
 Mariage (J.).  
 Marie (G.).  
 Martin (C.).  
 Martin (J.).  
 Martin (M.).  
 Martineau (A.).  
 Mascart (C.).  
 Mascart (L.).  
 Masset (J.).  
 Masson (E.).  
 Masson (L.).  
 Mathieu (C.).  
 Maunoury.  
 May (C.).  
 Mayer (Ch.).  
 Mayer (N.).  
 Mazon  
 Meneau (L.).  
 Ménier (G.).  
 Menuau (Ch.).  
 Mercier (R.).  
 Mestre (M.).  
 Meunier (P.).  
 Mével (P.).  
 Meyer (F.).  
 Meyer (G.).  
 Meyer (M.).  
 Meyer (P.).  
 Meyer-May (A.).  
 Michaux (L.).  
 Michel (C.).  
 Michel (Cl.).  
 Michel (P.).  
 Michon.  
 Mildé (C.).  
 Millien.  
 Milon (E.).  
 Milon (H.).  
 Milon (J.).  
 Minard (J.).  
 Minor (C.).  
 Miot.  
 Mitkiewicz (E.).  
 Moineau fils (H.).  
 Moisset (G.).  
 Molinié (J.).  
 Moncé (A.).  
 Mongnet (J.).  
 Monmerqué (A.).  
 Montagne (M.).

Montaron.  
 Monthiers (M.).  
 Montpellier (J.).  
 Morel-Fatio (L.).  
 Mors (L.).  
 Négrié (G.).  
 Nelson-Uhry.  
 Néron de Surgy (P.).  
 Nerville (F. de).  
 Neu (L.).  
 Neveux (J.).  
 Nicolas (P.).  
 Nicolini (E.).  
 Noellet (P.).  
 Normand (F.).  
 Oboukhoff.  
 Odier (M.).  
 O'keenan.  
 Olivier (H.).  
 Ordinaire (J.).  
 Pacault (A.).  
 Palanchon (G.).  
 Pallier (F.).  
 Paquier (E.).  
 Paraf (Jean).  
 Parodi (H.).  
 Parsons (F.).  
 Parvillée (L.).  
 Pasquier (J.).  
 Pellet.  
 Péreire (G.).  
 Périquier.  
 Pérot (A.).  
 Pérouse (D.).  
 Perrin (P.).  
 Perronnet (R.).  
 Petit (A.).  
 Petit (G.).  
 Petit (G.-E.).  
 Petit (J.).  
 Petit (L.).  
 Petitalot (L.).  
 Petsche (A.).  
 Pichon (G.).  
 Picou (R.-V.).  
 Pignal.  
 Pignier (P.).  
 Pilleux (L.).  
 Pillier (L.).  
 Pinget (R.).

Piot (F.).  
 Pirani (E.).  
 Pistoye (H. de).  
 Planchon (F.).  
 Planteau (J.).  
 Poggi (A.).  
 Poincaré (L.).  
 Poisson (M.).  
 Polack (R.).  
 Polack (S.).  
 Poliakov.  
 Pollak (C.).  
 Pollard (J.).  
 Pomey (J.).  
 Poncharra (de).  
 Pornin (R.).  
 Postel-Vinay (A.).  
 Postel-Vinay (P.).  
 Poulenc (C.).  
 Poussif (G.).  
 Priestley (C.).  
 Privé (P.).  
 Quenard (R.).  
 Quillâtre.  
 Quiroga (P.).  
 Rabaté (J.).  
 Racapé (A.).  
 Radiguer (Ch.).  
 Rambeaud (R.).  
 Randier (P.).  
 Itaoult.  
 Rateau (A.).  
 Rau (L.).  
 Ravut (C.).  
 Raymond (R.).  
 Raynal (L.).  
 Reboul.  
 Rechniewski (W.).  
 Redon (L.).  
 Rémon (O.).  
 Renard (L.).  
 Renault (S.).  
 René.  
 Réol (G.).  
 Rességuier (de).  
 Rey (A.).  
 Rey (J.).  
 Rey (L.).  
 Reynaud (J.).  
 Reynier (A.).

- Reyss (J.).  
Ribière (C.).  
Ricard (A.).  
Riccìa (A. della).  
Richard (F.).  
Richard (J.).  
Robard (R.).  
Robert (A.).  
Robillard (G.).  
Robin (F.).  
Robinet (L.).  
Roche (F.).  
Roche (L.).  
Rochefort-Luçay (O. de).  
Roche-Grandjean.  
Rodocanachi.  
Roger (E.).  
Rohrer (P.).  
Rolland (E.).  
Rollin (L.).  
Rosen (J.).  
Rosenwald.  
Rosier (M.).  
Rossignol (M.).  
Rothschild (E. de).  
Roubaud (F.).  
Rouganne (P.).  
Roussel (Ch.).  
Rousset (C.).  
Routin (G.).  
Roux (B.).  
Roux (G.).  
Rouyer (G.).  
Rouzet (P.).  
Roycourt (H.).  
Rozbicki.  
Ruelle (A.).  
Rykoff.  
  
Sébournain (J.-A.).  
Sabouret.  
Sacquet (E.).  
Sadowski (de).  
Saglio (V.).  
Saint-Blancard de Saint-Victor.  
Saint-Léger (J. de).  
Saint-Martin (H.).  
Saivre (M. de).  
Saladin (E.).  
Salles.  
Salomon.  
  
Santa-Maria (R. de).  
Sarazin.  
Sarriau (J.).  
Sartiaux (A.).  
Sartiaux (E.).  
Saudau (J.).  
Sauvage (P.).  
Schmit (A.).  
Schombourger (L.).  
Schwob (L.).  
Sciama (G.).  
Sébert (Général).  
Section technique de l'artillerie.  
Sée (R.).  
Ségnier (P. de).  
Sékutowicz (L.).  
Seligmann-Lui (G.).  
Semichon (J.).  
Sergot (G.).  
Serrin (H.).  
Serveau (C.).  
Siegler (J.).  
Simondet (P.).  
Sire de Vilar (H.).  
Siry (E.).  
Skrivanov (M. de).  
Smoular.  
Société anonyme des Glaces de Saint-Gobain.  
Société Œrlikon.  
Société de l'Éclairage électrique.  
Société parisienne pour l'Industrie des Chemins de fer et Tramways.  
Sørkeel.  
Sosnowski (K.).  
Souben (G.).  
Soulat (J.).  
Stahl.  
Sterman (A.).  
Sternberg (A.).  
Stichter.  
Street (C.).  
Stugocki.  
Sudria (J.).  
Szarvady (G.).  
  
Tachard (A.).  
Tainturier (C.).  
Tamm (H.).  
  
Tartary (G.).  
Taubé (de).  
Taulera.  
Tellier (H.).  
Terquem (E.).  
Texier-Bernier (G.).  
Thiébaud (V.).  
Thielemans (L.).  
Thiercelin (P.).  
Thomas (H.).  
Thurnauer (E.).  
Ticier (A.).  
Tillot (M.).  
Tirefort (C.).  
Tison (E.).  
Tissot (C.).  
Tonnart (A.).  
Touanne (de la).  
Toulon (A.).  
Toulon (P.).  
Tournaire (C.).  
Traz (J. de).  
Trefleries et Laminoirs du Havre.  
Tresca (G.).  
Triau.  
Tripier (H.).  
Tritz (M.).  
Tujague (M.).  
Turenne (P.).  
  
Vaeza-Ocampo.  
Vaillaux.  
Valbreuze (R. de).  
Valensi (G.).  
Vallée.  
Van Deth (H.).  
Varney (E.).  
Vaublanc (C. de).  
Vaudrey (P.).  
Veau de la Nouvelle.  
Vedovelli (E.).  
Venot (A.).  
Vérany (V.).  
Vermain (A.).  
Vernes (A.).  
Vernet (F.).  
Véry (H.).  
Vial (J.).  
Vichniak (J.).  
Vigerie (R.).  
Viguerie (C.).

Villard (P.).  
 Ville Le Roulx (P. de la).  
 Villiers (Ch.).  
 Villiers (R.).  
 Vincent (M.).  
 Violet (L.).  
 Violle (J.).  
 Vivarez (H.).  
 Vourloud (P.).  
 Vuigner (E.).

Walckenaer (C.).  
 Wallut (R.).  
 Warnery (F.).  
 Weill (H.).  
 Weiller (L.).  
 Weiss (G.).  
 Weissmann (G.).  
 Welles (F.).  
 Wetzol (P.).  
 Weyer (V.).  
 Widmer (J.).  
 Willemetz.  
 Witzig (A.).  
 Wuilleumier (H.).

Zetter (C.).

**PUTEAUX**

Caillavet (L.).  
 Issoire (A.).  
 Langlade (J.).  
 Migot.  
 Tavernier (Ch.).

**SAINT-DENIS**

Leroy (G.).

**SAINT-MANDÉ**

Couillard (L.).  
 Durupt (C.).  
 Revel (A.).

**SAINT-MAURICE**

Brait de la Mathe.

**SAINT-OUËN**

Chevrier (L.).  
 Rohel.

**SCEAUX**

Boitel (L.).  
 Hainglaise (P.).

**SURESNES**

Berland (L.).

Larminat (G.).  
 Malcailloz (L.).  
 Médan (P.).  
 Michoulier (P.).  
 Recklinghausen (de).  
 Satre (L.).  
 Schenk.  
 Testavin.  
 Vanherzeeke (E.).

**VANVES**

Cornillaux.  
 Miflier (L.).  
 Nibaut (P.).

**VINCENNES**

Deprez (Marcel).  
 Gaumy (R.).  
 Roussel (A.).

**SEINE-ET-MARNE**

**AVON**

Colusse (E.).

**CHAMPAGNE-SUR-SEINE**

Guérard (J.).  
 Verheyden-Chaine (E.).

**DAMMARIE-LES-LYS**

Chappée (F.).

**FONTAINEBLEAU**

Baudouin.

**MEAUX**

Marec.

**MELUN.**

Lainé (Maurice).

**MORET-SUR-LOING**

Bouquet (R.).

**PROVINS**

Grelot (P.).

**SAINT-MAMMÈS**

Durand (E.).

**SEINE-ET-OISE**

**ABLON**

Darnal (F.).

**BELLEVUE**

Gallice (G.).

**BEZONS**

Barré (P.).

**CARRIÈRES-SUR-SEINE**

Falguières (E.).

**CHESNAY**

Dorido (E.).

**CROISSY-SUR-SEINE**

Leblanc (A.).  
 Leblanc (M.).

**ENGHIEN**

Bellini (H.).

**ÉPINAY-SUR-ORGE**

Ithier (E.).

**ERMONT**

Bennecke.

**GAGNY**

Gaydan.

Hubou (L.).

**GARGHES**

Berné (A.).

**HERBLAY**

Boireaux.

**MOULIENS**

Dussaix.

Giron.

**LE RAINCY**

Boulot.

**MAISONS-LAFFITTE**

Bougué (R.).

Péroux (E.).

**MEUDON**

Grassot (E.).

Joly (G.).

Ragohot (E.).

Winch (J.).

**MONTGERON**

Roberjot (H.).

**MONTMORENCY**

Fargues (J.).

Mongin (E.).

Schlumberger (G.).

**MONTRETOUT**

Roussel (M.).

**NEUILLY-PLAISANCE**

Poitrimol.

**RUEIL**

Gratzmuller.

**SAINT-CLOUD**

Ambrières (d').

Ducellier.

Jourdana.

**SAINT-GERMAIN-EN-LAYE**

Calmettes.  
Michel (A.).  
Nissou (G.).  
Robert (Ch.).  
Tacquet (P.).

**S<sup>t</sup>-GERMAIN-LES-CORBEIL**

Liouville (L.).

**SAINT-GRATIEN**

Gateau.

**SÈVRES**

Benoît (R.).  
Guillaume (Ch.).

**TOUSSUS-LE-NOBLE**

Guilloteau (M.).

**VAUCRESSON.**

Clerc (L.).

**VAUX-SUR-SEINE**

Haussadis (H.).

**VERSAILLES**

Aglave (E.).  
Bressot (G.).  
Cahen (M.).  
Caussin de Perceval (M.).  
Clément (C.).  
Cordier (F.).  
Gall (H.).  
Ghaisne de Bourmont (L. de)  
Janin.  
Mans (de).  
Masnou (M.).  
Nathan (G.).  
Nugues (L.).  
Paty de Clam (du).  
Reuss (P.).  
Sainte-Claire-Deville (C.).

**VÉSINET (LE)**

Cantelaube (P.).  
Deligny (J.).  
Hugoniot (C.).  
Vaubuisson (R.).

**VIROFLAY**

Barillot (A.).  
Mathieu (P.).

**SEINE-INFÉRIEURE**

**BAPAUME-LEZ-ROUEN**

Hacart (F.).

**BOLBEC**

Basset (R.).

**DIEPPE**

Malaussène (A. de).  
**GRAVILLE-SAINTÉ-HONORINE**  
Stahl (J.).

**HAVRE (LE)**

Coninck (de).  
Dennis (F.).  
Joly (P.).  
Louis (Ch.).  
Nicol.  
Pannellier (A.).  
Touchard (G.).

**ROUEN**

Aubry (J.).  
Canart (L.).  
Caraman (E. de).  
Morel (C)

**SAINTÉ-ADRESSE**

Hartenheim (M.).

**SOTTEVILLE-LES-ROUEN**

Lecointre (J.).

**SÈVRES (DEUX-)**

**MELLE**

Ricard (L.).

**SOMME**

**ABBEVILLE**

Montandon (A.).

**AMIENS**

Association des Propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise.

Blondel (L.).  
Porion.  
Sannier (R.).  
Vagniez (B.).

**TARN**

**ALBI**

Soucadauch (R.).

**CARMAUX**

Rouvel (V.).

**CASTRES**

Anglade (J.).

**LES CAMMAZES.**

Malaserre (H.).

**SAINT-JUÉRY**

Bourguignon (A.).

**TARN-ET-GARONNE**

**MONTAUBAN**

Armet (H.).  
Castan (A.).

**SAINT-ANTONIN**

Pénard (R.).

**TERRITOIRE DE BELFORT**

**BEAUCOURT**

Japy frères et C<sup>ie</sup>.

**BELFORT**

Barthel (R.).  
Chalbos (J.).  
Hansez (Ch.).  
Heilmann (J.).  
Robert (P.).  
Soumet (A.).  
Tisserand (C.).  
Vassilière-Ahrlac.  
Vincent (A.).  
Zweifel (G.).

**VALDOIE (LE)**

Herrgott (J.).

**VAR**

**TOULON**

Blachas (H.).  
Carlini (D.).  
Cartier (G.).  
Cochin (J.).  
Couderc (R.).  
Gaudouin (F.).  
Gignon (A.).  
Guierre (M.).  
Guiraud (P.).  
Lelong (R.).  
Maugas.  
Mercier (E.).  
Nivet.  
Regnauld de Bellescize (H. de).  
Rosati (J.).  
Saglio (A.).  
Savatier (L.).  
Tailleur (E.).

**VIENNE**

**CHATELLERAULT**

Lecler (H.).

**POITIERS**

Braud (G.).  
Turpain (A.).

**VIENNE (HAUTE-)**

**COUZEIX**

Taboury (P.).

**LIMOGES**

Biles (P.).  
Vack.

**VOSGES**

**PLOMBIÈRES-LES-BAINS**

Lagabbe (C. de).

**SAULCY-SUR-MEURTHE**

Lemaire (C.).

**YONNE**

**AUXERRE**

Langumier (P.).

**ALGÉRIE**

**ALGER**

Bons (H.).  
Cardot (A.).  
Cohen-Jonathan (S.).  
Déchandol (P.).  
Guelpa (G.).  
Mille.  
Montès (H.).  
Pradelle (P.).

**CONSTANTINE**

Mercier de Sainte-Croix.

**HUSSEIN-DEY.**

Guibert (A.).

**COLONIES FRANÇAISES**  
et Pays de Protectorat.

**INDO-CHINE**

**SAÏGON**

Lauthier (E.).

**TONKIN**

**HAÏPHONG**

Barrière (J.).  
Chateau.

**TAHITI**

**MAKATEA**

Marting (E.).

**TUNISIE**

**TUNIS**

Mouchard (L.).

## ÉTRANGER.

### ALLEMAGNE

#### BERLIN

Hissink (J.).

#### BRAUNSCHWEIG

Hatfield.

#### CHARLOTTENBURG

Deschamps (E.).

#### FRIBOURG-EN-BRISGAU.

Blasberg (E.).

Himmelsbach frères.

#### MUNICH

Kesseldorfer (W.).

### ANGLETERRE

#### DORSET

Adams (W.).

#### ERITH

Melchior (M.).

#### GREAT MISSENDEN

Fahie.

#### HALE

Bouette.

#### HAMPTON-WICK

Waterhouse (L.).

#### LONDRES

Bentley (S.).

Blain (P.).

Braby (I.).

Daniell (F.).

Gatehouse.

Gray (C.).

Gray (R.).

Gray (W.).

Joly (H.).

Kempe.

Lynch (A.).

Moulton (J.).

Sellon (J.).

Simpson (G.).

Stroh (A.).

Thorne Baker.

S.

#### NEWCASTLE-ON-TYNE

Proctor (C.).

#### OXFORD

Clifton (R.).

#### TWYFORD

Massey (W.).

#### WELLS

Salomons (D.).

#### WEYBRIDGE

Bidwell (S.).

### COLONIES ANGLAISES

#### ARKONUM

Winter (G.).

#### BOMBAY

Marshall (N.).

#### JOHANNESBURG

Dainty.

#### MONTRÉAL

Altmayer (J.).

#### SAINTE-CATHERINES

Heitmann (E.).

### ARGENTINE (RÉPUBLIQUE-)

#### CONCORDIA

Coulon (L. de).

#### PUERTO MILITAR

Rouet de Journal.

### AUTRICHE-HONGRIE

#### AGRAM

Dvorak.

#### BRUNN

Niethammer (F.).

#### BUDAPEST

Direction générale des  
Postes et Télégraphes de  
Hongrie.

Treichlinger (E.).

#### PRAGUE

Krizik.

### BELGIQUE

#### ANVERS

Aujoulet (R.).

#### BRUXELLES

Bède (E.).

Bratman (F.).

Cacheux (A.).

Desforges (E.).

Dierman (W.).

Gérard (E.).

Halleux.

Heyland (A.).

Rouma (A.).

Sarrat (F.).

Solvay (E.).

Trékoff.

Van Cauwenberghe.

#### ISEGHEM

Ameye (C.).

#### LIÈGE

Gérard (E.).

Kuntziger.

Ortmans (J.).

#### MENIN

Mathieu (E.).

#### MONS

Macquet (A.).

### BRÉSIL

#### BAHIA

Meirelles da Silva.

#### CAMPANHA

Marquant (R.).

**RIO-DE-JANEIRO**

Almeida Lisboa (de).  
Grandmasson (E.).  
Lyra da Silva.

**CHILI**

**SANTIAGO**

Barros Fernandez (G.).  
Edwards (R.).

**CHINE**

**PÉKIN**

Bouillard (G.).

**ÉGYPTE**

**LE CAIRE**

Martin de Latour (G.).

**SAÏA**

Crovisier (C.).

**ESPAGNE**

**BARCELONE**

Berenguer (L.).  
Brémond (P.).  
Chopin (L.).  
David (P.).  
Guesde (M.).  
Ortiz y Estrada (L.).  
Posa Vilarasau (H.).  
Reymond (H.).  
Zammit.

**FERROL**

Gal y Diaz.

**FIGUERAS**

Masó Escubós.

**GERONA**

Xifra (N.).

**MADRID**

Artigas-Sanz (L.).  
Constantin (L.).  
École spéciale des Mines.  
Hauser (H.).  
Madariaga (J.).  
Sanchez Cuervo (L.).

**PENARROYA**

Le Goff.

**SANTANDER**

Vial (C.).

**SEVILLE**

Cervera y Jacome.  
Durand (F.).

**VALENCE**

La Casta y Espana.  
Rios Cogollos (J.).

**ÉTATS-UNIS  
D'AMÉRIQUE**

**BOSTON**

Jackson (D.).

**CHARLOTTESVILLE**

Weaver (W.).

**CLEVELAND**

Hyde (E.).

**COSTA-RICA**

Mendiola (de).

**GREAT-BARRINGTON**

Stanley (W.).

**NEW-JERSEY**

Hamilton (G.).

**NEW-YORK**

Cannes (I.).  
Mailloux (C.).  
Marks (L.).  
Mershon.  
Sharp (C.).  
Steynis (J.).  
Tesla (N.).

**PHILADELPHIE**

Héring (C.).  
Hunter (R.).  
Russell (C.).

**PITTSBURG**

Westinghouse Electric and  
Manufacturing Co

**PITTSFIELD**

Kelly (J.).

**SAN-FRANCISCO**

Molera (E.).

**SCHENECTADY**

Creighton (E.).  
Rushmore (D.).

**SWAMPSCOTT**

Thomson (E.).

**COLONIES AMÉRICAINES**

**PORTO-RICO**

Vives (G.).  
Vives y Navaro (C.).

**GRÈCE**

**ATHÈNES**

Argyropoulos.  
Nicolaidi (C.).  
Palaéologue (C.).

**HOLLANDE**

**AMSTERDAM**

Romeyn (H.).

**DELFT**

Institut de Physique et d'é-  
lectrotechnique de Delft.

**LA HAYE**

Doyer (H.).

**SCHIEVENINGUE**

Menges (C.).

**UTRECHT**

Stieltjes (W.).

**WAGENINGEN**

Vloten (F. van).

**ITALIE**

**CATANIA**

Grimaldi (G.).

**CHIETI**

CAMINATI (C.).

**MILAN**

Arno (R.).  
Maiuri (G.).



**NAPLES**

Dotta.

**ROME**

Dubs.

Tosi (A.).

**TURIN**

Litschgi.

Moreno (O.).

**VILLAFRANCA-IN-LUNIGIANA**

Maily (P.).

**JAPON**

**TOKIO**

Ohdatchi (G.).

Stone (W.).

**MAROC**

**BOU-DENIB**

Pelissot (L.).

**CASABLANCA**

Lambert.

**MELILA**

Vautier (L.).

**TANGER**

Chabert (Max).

**MEXIQUE**

**MEXICO**

Louvrier (F.).

Matty (L.).

Pinson (E.).

Thiriet (J.).

**MONACO**

**(PRINCIPAUTÉ DE)**

**MONACO**

Escarras (G.).

Martiny (J.).

**PORTUGAL**

**LISBONNE**

Borges (F.).

Castanheira das Neves.

Hermann (M.).

Miet (M.).

**ROUMANIE**

**BUCAREST**

Budeanu (C.).

Busila (C.).

Cosmovici (A.).

Fournaraki (L.).

Gheorghiu (P.).

Hurmuzescu (D.).

Lichtig (A.).

Samuel (G.).

Vasilescu-Karpen.

**GALATZ**

Rosca.

**JASSY**

Sirghi (V.).

**SOULINA**

Jijié (A.).

**TURNU-SEVERIN**

Vulcanesco (M.).

**RUSSIE**

**DOMBROWA**

Augeraud (F.).

Besson (L.).

Delville (A.).

Grandry (R.).

**EKATERINODAR**

Nemenoff (C.).

**IRKOUTSK**

Osolin (O.).

**MOSCOU**

Lindé (F.).

Mychencov (C.).

**PIKELI**

Oraw (J.).

**RIGA**

Erhardt.

**ROSTOW-SUR-DON**

Panine (W.).

**SAINT-PETERSBOURG**

Fischmann (J.).

Gavriloff (J.).

Laboratoire d'Electrotechnique de l'Institut Polytechnique.

Lemaître (M.).

Lodyguine (de).

Roundo (A.).

Tchernosvitoff (N.).

**SARATOF**

Jelenkowski (J.).

**SOSNOWICE**

Société Minière et Industrielle Gewerkschaft-Graf Renard.

**TSCHERKAYA**

Waganoff (de).

**VARSOVIE**

Hannothiaux (E.).

Krakowski (L.).

Opechowski (E.).

Rolinski (G.).

Sikorski.

**SERBIE**

**NERESNITZA**

Mustelier (F.).

**SIAM**

**BANGKOK**

Odent (M.).

**SUISSE**

**BERNE**

Coulon (de).

**CORTAILLOD**

Borel (C.).

Borel (F.).

**FRIBOURG**

Giles (G.).

Kowalski (de).

**GENÈVE**

Boissonnas (A.).

Gauthier (P.).

Thury.  
Turrettini (T.).  
Vuilleumier (C.).  
LAUSANNE  
Aubert (A.).  
Landry (J.).  
NEUCHÂTEL  
Thomann (A.).  
PRILLY  
Boucher (A.).  
SAINT-IMIER  
Geneux (F.).

VILLENEUVE  
Duflon (L.).  
ZOUË  
Landis et Gyr.  
ZÜRICH  
Tauber (K.).  
Tobler (A.).  
Weiss (P.).  
TURQUIE  
BEYROUTH  
Fétaz (J.).

CONSTANTINOPLÉ  
Burhanneddine (F.).  
Mehmed Emin.  
Oudot (R.).  
Pech (L.).  
Saïd (M.).  
KÉRASSUNDE  
Cany.  
URUGUAY  
MONTEVIDEO  
Smith (J.).

## LISTE DES PÉRIODIQUES

REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

---

La Bibliothèque est ouverte aux Membres de la Société tous les jours de 3<sup>h</sup> à 6<sup>h</sup>,  
excepté les dimanches et jours fériés.

---

### France. — PARIS.

*Annales des Mines.*

*Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones.*

*Association française pour l'avancement des Sciences.*

*Bulletin de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail.*

*Bulletin de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur.*

*Bulletin de la Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.*

*Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale.*

*Bulletin de la Société française de Photographie.*

*Bulletin du Laboratoire d'Essais du Conservatoire national des Arts et Métiers.*

*Bulletin technologique de la Société des anciens élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers.*

*Comptes rendus de l'Académie des Sciences.*

*Compte rendu des séances des Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur.*

*Électricien (L').*

*Génie civil (Le).*

*Industrie électrique (L').*

*Journal de l'École Polytechnique.*

*Journal de Physique théorique et appliquée.*

*Lumière électrique (La).*

*Mois scientifique et industriel (Le).*

*Nature (La).*

*Radium (Le).*

*Revue électrique (La).*

*Revue générale des Chemins de fer et des Tramways.*

*Revue générale du froid (La).*

*Revue de Mécanique (La).*

*Revue scientifique (La).*

*Revue technique (La).*

*Société des Ingénieurs civils de France (Mémoires et Procès-verbaux).*

*Société de Physique (Séances de la).*

**France. — DÉPARTEMENTS.**

*Annales de la Faculté des Sciences de Marseille.*  
*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse.*  
*Archives d'Électricité médicale de Bordeaux.*  
*Bulletin de la Société scientifique industrielle de Marseille.*  
*Bulletin de la Société industrielle du Nord de la France.*  
*Bulletin de la Société industrielle de l'Est.*  
*Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.*

**Étranger.**

**ALLEMAGNE.**

*Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen.*  
*Elektrotechnische Zeitschrift.*  
*Fortschritte der Elektrotechnik.*  
*Institut Impérial Physico-technique.*  
*Jahrbuch für drahtlose Telegraphie und Telephonie.*  
*Physikalische Zeitschrift.*  
*Zeitschrift für Elektrochemie.*  
*Zeitschrift für Instrumentenkunde.*  
*Zeitschrift für Schwachstromtechnik.*

**ANGLETERRE.**

*Central (The), organe de la « Central Technical College Old Students' Association ».*  
*Electrical Engineering.*  
*Electrical Review.*  
*Electrician (The).*  
*Engineering.*  
*Illuminating Engineer (The).*  
*Journal of the Institution of Electrical Engineers of London.*  
*Journal of the Society of Arts.*  
*National Physical Laboratory (The).*  
*Patent office Library.*  
*Science Abstracts.*

**AUTRICHE.**

*Elektrotechnik und Maschinenbau.*  
*Mitteilungen der k. k. technischen Versuchsanstalten.*

**BELGIQUE.**

*Bulletin de l'Association des Ingénieurs électriciens sortis de l'Institut Montefiore.*  
*Bulletin de la Société belge d'Électriciens.*  
*Revue de l'Ingénieur et Index technique.*  
*Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local (Circulaires et Rapports).*

DANEMARK.

*Den Tekniske Forenings Tidsskrift.*

ESPAGNE.

*Revista tecnologico industrial.*

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE.

*Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution.*

*Bulletin of the Bureau of Standards de Washington.*

*Bulletin of the University of Wisconsin.*

*Electrical Review.*

*Electrical World.*

*Engineering Magazine.*

*Journal of the Franklin Institute.*

*Proceedings of the American philosophical Society.*

*Transactions of the American Institute of Electrical Engineers.*

*Western Society of Engineers.*

ITALIE.

*Elettricista (L').*

*Elettrotecnica (L'), (Giornale ed Atti della Associazione elettrotecnica italiana).*

*Il nuovo Cimento.*

*Ingegneria (L') ferroviaria.*

*Rendiconto dell' Accademia delle Scienze di Napoli.*

PAYS-BAS.

*Communications du Laboratoire de Physique de l'Université de Leyde.*

PORTUGAL.

*Revista de las obras publicas e minas.*

RUSSIE.

*Electritchestvo (Électricité russe).*

*Zapiski (Annales de la Société technique impériale russe, de Moscou).*

SUISSE.

*Bulletin technique de la Suisse romande.*

*Journal de Chimie physique.*

*Journal télégraphique.*

*Schweizerische Bauzeitung (Revue polytechnique).*



## LISTE DES LIBRAIRES ET ÉDITEURS

### ACCORDANT DES REMISES.

|                                                                                    |           |                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------|
| <b>Bailliére et fils</b> , 19, rue Hautefeuille,<br>Paris .....                    | Remise de | 10 %                                            |
| <b>Béranger</b> <sup>(1)</sup> , 15, rue des Saints-Pères,<br>Paris .....          | —         | 10 %                                            |
| <b>Bernard Tignol</b> , 53 <i>bis</i> , quai des Grands-<br>Augustins, Paris ..... | —         | 10 % jusqu'à 25 <sup>fr</sup><br>15 % au-dessus |
| <b>Desforges</b> , 39, quai des Grands-Augus-<br>tins, Paris .....                 | —         | 10 %                                            |
| <b>Dunod et Pinat</b> , 49, quai des Grands-Au-<br>gustins, Paris .....            | —         | 10 %                                            |
| <b>Geisler</b> , 1, rue de Médicis, Paris .....                                    | —         | 20 %                                            |
| <b>Gratier et Rey</b> , à Grenoble .....                                           | —         | 10 %                                            |
| <b>Lahure</b> , 9, rue de Fleurus, Paris .....                                     | —         | 20 %                                            |
| — — Périodiques.                                                                   | —         | 1 <sup>re</sup> sur abonnement <sup>(2)</sup>   |
| <b>Librairie Larousse</b> , 17, rue du Montpar-<br>nasse, Paris .....              | —         | 10 %                                            |
| <b>Plon et Nourrit</b> , 8, rue Garancière, Paris.                                 | —         | 10 %                                            |
| <b>Theuveny</b> , 80, rue Taitbout, Paris .....                                    | —         | 10 %                                            |

### INSIGNE.

L'insigne en argent est envoyé à tout Membre de la Société qui en fait la demande au Secrétariat, 14, rue de Staël, en joignant un mandat de 5<sup>fr</sup> au nom du Trésorier.

<sup>(1)</sup> Adresser les commandes au Secrétariat de la Société, 14, rue de Staël, Paris, 15<sup>e</sup>.

<sup>(2)</sup> La réduction sur les abonnements ne peut être faite que lorsque l'éditeur a été prévenu à l'avance de la qualité de l'abonné.













